

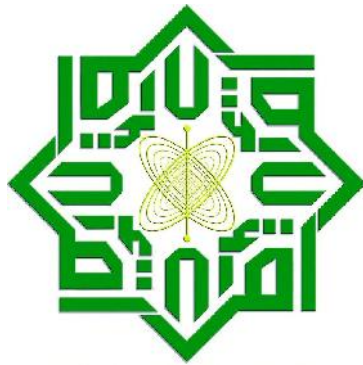
AUGMENTED REALITY LITOSFER
SEBAGAI PENUNJANG *COMPUTER AIDED LEARNING (CAL)*
PADA MULTIMEDIA PEMBELAJARAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Informatika

Oleh :

M. AFDAL
10751000307



FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU

2012

***AUGMENTED REALITY* LITOSFER**
SEBAGAI PENUNJANG *COMPUTER AIDED LEARNING (CAL)*
PADA MULTIMEDIA PEMBELAJARAN

M. AFDAL

NIM : 10751000307

Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No.155 Pekanbaru

ABSTRAK

Penerapan teknologi multimedia pada perangkat ajar untuk siswa dinilai sangat bermanfaat dalam materi pelajaran geografi Litosfer yang bersifat abstrak, karena perangkat ajar berbasis multimedia dapat mendukung sistem pembelajaran di sekolah yang cenderung menggunakan metode ceramah (konvensional). Untuk mempermudah pemahaman dalam materi Litosfer tersebut, dirancang sebuah Buku ARLitosfer yang memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*. Selain mampu menggabungkan objek *virtual* dengan realita sebenarnya, teknologi *Augmented Reality* memungkinkan pengguna melakukan interaksi 3 dimensi secara langsung sehingga lebih mampu memberikan kesan tersendiri pada pengguna. Buku ARLitosfer merupakan buku fisik biasa, namun dalam beberapa halamannya terdapat *marker* yang digunakan untuk objek *virtual* yang ingin ditampilkan berupa objek 3D, kemudian ditambahkan dalam penggabungan animasi, audio dan video pada *interface* multimedia pembelajaran. Telah dilakukan pengujian terhadap sejumlah responden untuk mengetahui ketepatan dalam materi dan kemudahan dalam penggunaan aplikasi ARLitosfer ini, hasilnya 81.87% presentase yang diinterpretasikan dalam kategori sangat setuju diberikan oleh guru bidang studi geografi dan 76.25% presentase yang diinterpretasikan dalam kategori sangat setuju diberikan oleh siswa.

Kata kunci : *Augmented Reality*, Buku ARLitosfer, *Marker*, Multimedia

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR ISTILAH	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah.....	I-3
1.4 Tujuan.....	I-3
1.5 Sistematika Penulisan.....	I-3
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1 Pengajaran berbantuan komputer	II-1
2.2 Multimedia	II-1
2.2.1 Defenisi Multimedia	II-2
2.2.2 Kemampuan Multimedia.....	II-2
2.3 Litosfer	II-3
2.3.1 Bentuk Muka Bumi.....	II-5
2.3.2 Tenaga pembentuk muka bumi	II-7
2.3.3 Dampak Tektonisme	II-7

2.3.4 Vulkanisme dan Dampaknya	II-7
2.3.5 Seisme (Gempa Bumi)	II-8
2.4 Teknologi <i>Augmented Reality</i>	II-10
2.4.1 Lingkungan <i>Augmented Reality</i>	II-12
2.4.2 Teknik <i>display Augmented Reality</i>	II-13
2.4.3 Perangkat Pendukung sistem AR.....	II-18
2.4.4 Pemanfaatan Teknologi <i>Augmented Reality</i>	II-20
2.4.5 <i>Artoolkit</i>	II-21
2.4.6 <i>Marker</i>	II-23
2.5 <i>Tangibel user interface</i>	II-24
2.6 <i>Tangibel Augmented Reality</i>	II-25
2.7 Skenario interaksi dalam TAR	II-26
2.8 <i>AutoDesk 3DS Max 2010</i>	II-29
2.9 <i>Skala Likert</i>	II-30
2.10 <i>Blackbox testing</i>	II-31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1 Tahapan Penelitian	III-1
3.2 Konsep	III-2
3.3 <i>Design</i> (Perancangan).....	III-2
3.4 <i>Material Collecting</i> (Pengumpulan Bahan).....	III-2
3.5 <i>Assembly</i> (Pembuatan).....	III-3
3.6 <i>Testing</i> (Pengujian).....	III-3
3.7 Kesimpulan dan Saran	III-4
BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN	IV-1
4.1 Konsep <i>Augmented Reality for Litosfer</i>	IV-1
4.1.1 Buku ARLitosfer	IV-3
4.1.2 Tujuan Buku ARLitosfer	IV-3
4.2 Perancangan.....	IV-4
4.2.1 Perancangan <i>Storyboard</i>	IV-4
4.2.2 Perancangan Antarmuka (<i>Interface</i>)	IV-7
4.2.3 Perancangan <i>Flowchart</i> aplikasi	IV-12

4.2.4 Perancangan <i>Marker</i>	IV-14
4.2.5 Perancangan Antarmuka Buku ARLitosfer	IV-17
4.3 <i>Material Collecting</i>	IV-18
4.3.1 Analisa Data Teks	IV-19
4.3.2 Analisa Data Gambar	IV-19
4.3.3 Pemakaian <i>Button</i>	IV-20
4.3.4 Analisa <i>Sound</i>	IV-20
4.3.5 Data Animasi.....	IV-21
4.3.6 Analisa Skenario interaksi untuk buku ARLitosfer ...	IV-21
BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	V-1
5.1 Implementasi	V-1
5.1.1 Batasan Implementasi	V-1
5.1.2 Tujuan Implementasi	V-2
5.1.3 Lingkungan Implementasi.....	V-2
5.2 Hasil Implementasi	V-3
5.3 <i>Testing</i> (Pengujian).....	V-5
5.3.1 Pengujian <i>Blackbox</i>	V-6
5.3.2 Pengujian <i>Aplikasi</i> ARLitosfer	V-7
5.3.2.1 Pengujian Deteksi <i>Marker</i> ARLitosfer	V-8
5.3.2.2 Pengujian Objek 3D ARLitosfer.....	V-9
5.3.2.3 Pengujian <i>Sound</i> Materi ARLitosfer.....	V-10
5.3.2.4 Pengujian ARLitosfer dengan PC lain	V-11
5.3.2.5 Pengujian Kamera untuk ARLitosfer.....	V-17
5.3.2.6 Pengujian Ukuran <i>Marker</i> ARLitosfer	V-19
5.3.2.7 Pengujian Intensitas cahaya ARLitosfer	V-20
5.3.3 Pengujian <i>User Acceptance Test</i>	V-22
BAB VI KESIMPULAN.....	VI-1
6.1 Kesimpulan.....	VI-1
6.2 Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Kategori Penskoran Jawaban Angket Berdasarkan Skala <i>Likert</i>	II-5
4.1 <i>Storyboard</i> perangkat lunak ARLitosfer	IV-5
4.2 Gambar <i>Marker</i> ARLitosfer	IV-15
5.1 Pengujian <i>Blackbook</i> ARLitosfer	V-6
5.2 Tabel Pengujian Deteksi Marker ARLitosfer	V-8
5.3 Pengujian <i>Marker</i> Objek 3D ARLitosfer	V-9
5.4 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Notebook</i> Acer Aspire 4739	V-11
5.5 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Notebook</i> HP Pavillion g4 1113tx ...	V-11
5.6 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Notebook</i> Toshiba L200	V-12
5.7 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Notebook</i> Toshiba L510	V-12
5.8 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Notebook</i> Lenovo B450	V-13
5.9 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Notebook</i> Asus X42JY	V-13
5.10 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Notebook</i> Compaq Presario V3736	V-14
5.11 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Notebook</i> Axioo Neon T6600.....	V-14
5.12 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada <i>Netbook</i> Toshiba NB200	V-15
5.13 Pengujian aplikasi ARLitosfer pada PC	V-15
5.14 Pengujian Kamera dan Jarak ARLitosfer	V-16
5.15 Pengujian Ukuran <i>Marker</i> pada ARLitosfer.....	V-17
5.16 Pengujian tingkat intensitas cahaya terhadap aplikasi ARLitosfer.....	V-18
5.17 Nama-nama responden dari guru	V-21
5.18 Nama-nama responden dari siswa	V-22
5.19 Tabel evaluasi hasil aspek multimedia dan penggunaan aplikasi oleh guru.....	V-22
5.20 Tabel evaluasi hasil aspek multimedia dan penggunaan aplikasi oleh siswa	V-24

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat sekarang ini perkembangan teknologi semakin terus meningkat, terutama dalam bidang pendidikan, penggunaan media pembelajaran menjadi semakin beragam dan interaktif. Lembaga riset dan penerbitan komputer yaitu *Computer Technology Research* (CTR) menyatakan bahwa orang hanya mampu mengingat 20% dari yang dilihat dan 30% dari yang didengar. Tetapi orang dapat mengingat 50% dari yang dilihat dan didengar dan 80% dari yang dilihat, didengar dan dilakukan sekaligus, sehingga penggunaan media pembelajaran berbasis multimedia sangat efektif dalam menjawab tantangan ini. Penggunaan video sudah merupakan kemajuan, tetapi masih memiliki kekurangan yaitu bersifat satu arah sehingga kadang menimbulkan kebosanan. (Mubarikah, 2009)

Teknologi Komputer tidak lagi hanya dikenal sebagai perangkat bantu kerja atau hiburan saja, tetapi telah berkembang menjadi perangkat bantu dalam sistem pembelajaran (*computer aided learning/CAL*). Perangkat bantu dalam sistem pembelajaran dikembangkan dengan tujuan untuk membantu siswa dalam memahami konsep-konsep materi pembelajaran yang disajikan secara interaktif oleh sistem serta mampu memberikan informasi lebih dari yang disampaikan melalui metode pengajaran konvensional.

Materi pembelajaran Litosfer adalah suatu pembelajaran tentang lapisan permukaan bumi yang berada paling luar, seiring dengan peredaran tata surya yang membuat bumi semakin lama semakin tua, sehingga menyebabkan beberapa fenomena kejadian alam yang terjadi dalam lapisan-lapisan bumi. Ada beberapa kendala mengenai bentuk fenomena alam yang dihadapi oleh siswa ketika seorang guru memberikan materi pelajaran geografis litosfer yang bentuk permukaannya tidak tampak karena *abstrak* dan disampaikan dengan metode ceramah (konvensional), ditambah lagi dengan pihak sekolah juga tidak memiliki

laboratorium khusus yang digunakan sebagai alat peraga tentang geografis litosfer dengan berbagai dampak dan akibatnya terhadap bumi, hal ini membuat siswa pada akhirnya cepat lupa dengan apa yang telah dipelajarinya.

Untuk mengatasi kekurangan/kelemahan dalam penyampaian atau pemahaman tentang materi pelajaran litosfer yang ada saat ini, maka diperlukan suatu rumusan baru tentang media pembelajaran yang menyediakan solusi praktis untuk meningkatkan interaktifitas proses pembelajaran litosfer bagi siswa Sekolah Menengah Atas kelas X, salah satunya dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* (AR). Dengan menyertakan aspek interaktif diharapkan memberikan “*user experience*” yang lebih mudah dipahami.

Penggunaan teknologi AR telah secara luas diaplikasikan dalam berbagai bidang. Khusus dalam hal pendidikan beberapa aplikasi berbasis AR dikembangkan untuk membantu pengajaran dan penyampaian informasi. Teknologi AR adalah teknologi yang memungkinkan penggabungan objek-objek *virtual* 3 dimensi dengan realita sebenarnya. Sebagai contoh adalah *magicbook*, sebuah buku yang memberikan “*user experience*” yang tinggi kepada penggunanya (Billinghurst, 2002). Pengguna dapat melihat objek tersebut dari berbagai sudut pandang sehingga memberikan kesan dan pengalaman belajar yang lebih menarik.

Media pembelajaran litosfer menggunakan teknologi AR yang interaktif ini dapat dimaksimalkan dengan sumber daya berupa teks, audio, video dan animasi dalam bentuk 3D diharapkan dapat memberikan pengalaman tersendiri bagi siapapun yang menggunakannya. Dari latar belakang diatas, maka pada tugas akhir ini penulis merancang suatu perangkat lunak interaktif untuk efektifitas pembelajaran Litosfer berbasis multimedia. Untuk itu tugas akhir yang akan dibuat berjudul “***Augmented Reality Litosfer Sebagai Penunjang Computer Aided Learning (CAL) Pada Multimedia Pembelajaran***”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut. “Bagaimana cara penerapan Teknologi *Augmented*

Reality sebagai penunjang *computer aided learning (CAL)* pada multimedia pembelajaran ? “

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan sesuai dengan tujuan penulisan, maka ruang lingkup batasan masalah yang disajikan adalah:

1. Perangkat ajar yang akan dibangun menggunakan teknologi *augmented reality* ini ditujukan untuk siswa-siswi Sekolah Menengah Atas kelas X pada mata pelajaran Geografi Litosfer, yang materinya sesuai dengan kurikulum dari Kementrian Pendidikan Nasional (Kemendiknas).
2. Pada pemaparan objek 3D pada materi Litosfer ini hanya membahas tentang struktur bumi, *orogenesa*, *epirogenesa positif* dan *negatif*, gempa bumi, *volcano* dan *tsunami*.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan tugas akhir (skripsi) ini adalah membangun suatu perangkat lunak pembelajaran multimedia interaktif berbasis teknologi *Augmented Reality*, untuk memberikan solusi alternatif dalam proses pemahaman terhadap pembelajaran geografis Litosfer terhadap siswa-siswi Sekolah Menengah Atas Kelas X.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari enam bab, dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang deskripsi umum dari tugas akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan tugas akhir.

- Bab II Landasan Teori
- Membahas teori-teori yang berhubungan dengan pembahasan tugas akhir ini. Teori yang diangkat mengenai Pengajaran berbantuan komputer, Multimedia, Litosfer, Teknologi *Augmented Reality*, *Tangibel User Interface*, *Tangibel Augmented Reality*, Skenario Interaksi Dalam TAR, AutoDesk 3Ds Max dan Skala *Likert*.
- Bab III Metodologi Penelitian
- Bab ini membahas tentang metodologi penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir yang dibuat, yaitu Tahapan Penelitian, Konsep, *Design*, *Material Collecting*, *Assembly*, *Testing*, Kesimpulan dan Saran
- Bab IV Analisa dan Perancangan
- Berisikan tentang analisis sistem yang meliputi Konsep *Augmented Reality for Litosfer*, Perancangan, *Material Collecting*.
- Bab V Implementasi dan Pengujian
- Bab ini berisi penjelasan mengenai implementasi, Hasil Implementasi dan *Testing* (Pengujian) dari media pembelajaran Litosfer berbasis *Augmented Reality*.
- Bab VI Penutup
- Bab ini berisikan kesimpulan dari tugas akhir yang dibuat dan menjelaskan saran-saran penulis kepada pembaca, agar perangkat lunak pembelajaran yang berbasis teknologi *Augmented Reality* yang dibuat ini dapat dikembangkan lagi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengajaran Berbantuan Komputer

Perkembangan komputer baik dalam segi kuantitas, kualitas, maupun teknologinya cenderung sangat pesat belakangan ini. Hal ini menyebabkan semakin banyaknya jumlah kepemilikan perangkat komputer dengan aplikasi yang bervariasi pula. Perkembangan komputer yang begitu pesat mengharuskan para pendidik untuk mengoptimalkan fungsi dan aplikasinya dalam bidang pendidikan. Pembelajaran Berbantuan Komputer/*Computer Aided Instruction* merupakan salah satu bentuk pemanfaatan komputer tersebut.

Pembelajaran Berbantuan Komputer diadopsi dari istilah *Computer Aided Instruction (CAI)*. Sebenarnya ada banyak istilah lain yang digunakan selain *Computer Aided Instruction*, istilah-istilah itu antara lain *Computer Based Instruction (CBI)*, *Computer Aided Learning (CAL)*, dan *Computer Based Education* (Rahmat, 2011).

Pembelajaran berbantuan komputer dapat meningkatkan motivasi belajar siswa, memberikan *feedback* kepada siswa, siswa membutuhkan waktu yang lebih sedikit, mengatasi rasa malu siswa yang lambat atau kurang konsentrasi dalam belajar serta siswa dapat belajar sesuai dengan kecepatannya masing-masing (Aziz, 2009).

2.2 Multimedia

Istilah multimedia berawal dari teater, bukan komputer. Sistem multimedia dimulai pada akhir 1980-an dengan diperkenalkannya *Hypercard* oleh Apple pada tahun 1987, dan pengumuman oleh IBM pada tahun 1989 mengenai perangkat lunak *Audio Visual Connection (AVC)* dan video *Adapter card* bagi PS/2. (Suyanto, 2005).

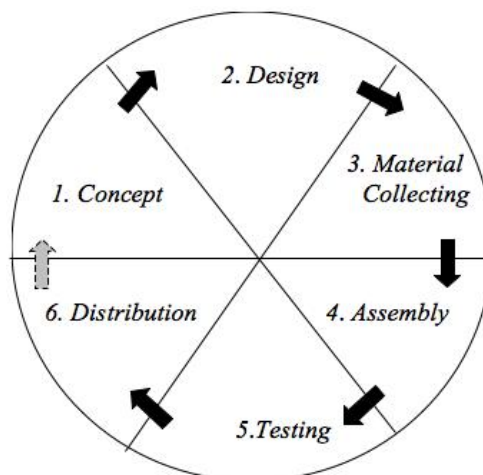
2.2.1 Definisi Multimedia

Multimedia adalah pemanfaatan komputer untuk membuat dan menggabungkan teks, grafik, audio, gambar bergerak (video dan animasi) dengan menggabungkan *link* dan *tool* yang memungkinkan pemakai melakukan navigasi, berinteraksi, berkreasi dan berkomunikasi. Dalam definisi ini terkandung empat komponen penting multimedia (Suyanto, 2005):

1. Harus ada komputer yang mengkoordinasikan apa yang dilihat dan didengar, yang berinteraksi dengan kita.
2. Harus ada *link* yang menghubungkan kita dengan informasi.
3. Harus ada alat navigasi yang memandu kita, menjelajah jaringan informasi yang saling terhubung.
4. Multimedia menyediakan tempat kepada kita untuk mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan informasi dan ide kita sendiri.

Jika salah satu komponen tidak ada, maka bukan multimedia dalam arti yang luas namanya. Maka dapat disimpulkan, multimedia adalah penggunaan beberapa media seperti komputer untuk menyajikan dan menggabungkan teks, suara, gambar, grafik, animasi dan video dengan alat bantu (*tool*) dan koneksi (*link*) sehingga pengguna dapat bernavigasi, berinteraksi, berkarya dan berkomunikasi.

Dalam pengembangan multimedia terdapat sebuah metodologi yang dapat digunakan sebagai panduan dalam pembuatan aplikasi berbasis multimedia seperti Gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar.2.1 Metodologi Pengembangan Multimedia

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa ada beberapa tahapan yang dilewati untuk perancangan aplikasi berbasis multimedia, diantaranya:

1. *Concept*

Tahap *concept* (konsep) adalah tahap untuk menentukan tujuan dan siapa pengguna program (identifikasi *audience*). Selain itu menentukan macam aplikasi (presentasi, interaktif) dan tujuan aplikasi (hiburan, pelatihan, pembelajaran, *game*).

2. *Design*

Design (perancangan) adalah tahap membuat spesifikasi mengenai arsitektur program, gaya, tampilan dan kebutuhan material/bahan untuk program.

3. *Material Collecting*

Material Collecting adalah tahap dimana pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan dilakukan. Tahap ini dapat dikerjakan paralel dengan tahap *assembly*. Pada beberapa kasus, tahap *Material Collecting* dan tahap *Assembly* akan dikerjakan secara linear tidak paralel.

4. *Assembly*

Tahap *assembly* (pembuatan) adalah tahap dimana semua objek atau bahan multimedia dibuat. Pembuatan aplikasi didasarkan pada tahap *design*.

5. *Testing*

Dilakukan setelah selesai tahap pembuatan (*assembly*) dengan menjalankan aplikasi/program dan dilihat apakah ada kesalahan atau tidak. Tahap ini disebut juga sebagai tahap pengujian *alpha* (*alpha test*) dimana pengujian dilakukan oleh pembuat atau lingkungan pembuatnya sendiri.

6. *Distribution*

Tahapan dimana aplikasi disimpan dalam suatu media penyimpanan. Pada tahap ini jika media penyimpanan tidak cukup untuk menampung aplikasinya, maka dilakukan kompresi terhadap aplikasi tersebut. (Sutopo, 2004)

2.2.2 Kemampuan Multimedia

Multimedia memiliki kelebihan yaitu menarik indera dan menarik minat, karena merupakan gabungan antara pandangan, suara dan gerakan. Multimedia dapat digunakan dalam berbagai bidang, beberapa contoh diantaranya yaitu di bidang pendidikan dan bisnis.

Pada bidang pendidikan, penyampaian bahan pengajaran secara interaktif sangat diperlukan seperti dalam kelas maupun secara sendiri-sendiri, karena dapat membantu pembelajaran yang didukung oleh berbagai aspek seperti suara, video, animasi, teks, grafik, ini dapat menjadikan belajar yang membosankan menjadi sangat menyenangkan untuk anak. Pada dunia bisnis, multimedia digunakan sebagai media profil perusahaan, profil produk bahkan sebagai media kios informasi dan pelatihan dalam sistem *E-Learning*. Multimedia juga sering digunakan dalam dunia hiburan dan selain itu multimedia juga diadopsi oleh dunia *game*.

2.3 Litosfer

Lapisan kulit bumi disebut dengan litosfer. Litosfer berasal dari kata *lithos* berarti batu dan *sphere (sphaira)* berarti bulatan. Dengan demikian Litosfer dapat diartikan lapisan batuan pembentuk kulit bumi. Dalam pengertian lain

Litosfer adalah lapisan bumi yang paling atas dengan ketebalan lebih kurang 66 km tersusun atas batuan. Litosfer merupakan lapisan kulit bumi yang mengikuti bentuk muka bumi yang bulat dan tersusun atas batuan dan mineral. Batuan adalah massa yang terdiri atas satu atau lebih macam mineral dengan komposisi kimia yang tetap sehingga dengan jelas dapat dipisahkan antara satu dan yang lainnya. Ilmu yang mempelajari batuan disebut *Petrologi*.

Batuan merupakan bahan utama pembentuk kulit bumi. Induk segala batuan adalah magma. *Magma* adalah batuan cair pijar yang bersuhu tinggi dan mengandung berbagai unsur mineral dan gas. Kulit bumi atau Litosfer tersusun dan sekitar 90 jenis unsur kimia yang satu dengan yang lainnya dapat bergabung membentuk persenyawaan yang disebut mineral. Mineral pembentuk batuan yang penting yaitu *Kuarsa* (SiO_2), *Feldspar*, *Piroksen*, Mika Putih (K-Al-Silikat),

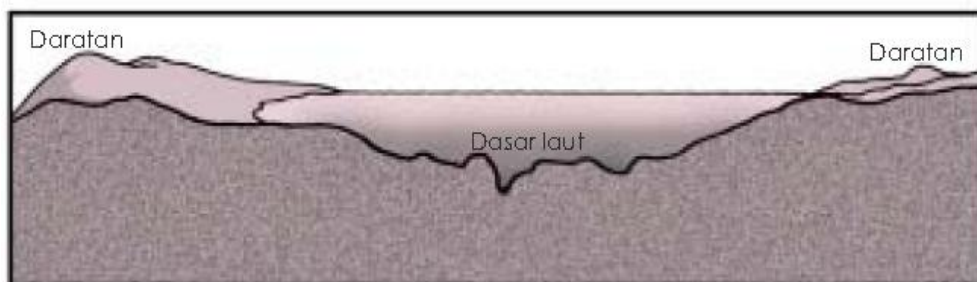
Biotit atau Mika Coklat (K-Fe-Al-Silikat), *Amphibol*, *Khlorit*, *Kalsit* (CaCO_3), *Dolomit* (CaMgCO_3), *Olivin* (Mg, Fe), Bijih Besi *Hematit* (Fe_2O_3), *Magnetik* (Fe_3O_2) dan *Limonit* ($\text{Fe}_3\text{OH}_2\text{O}$). (Hartono, 2009)

Ada beberapa lapisan bumi, yaitu:

1. Litosfer atau kulit bumi, yang terdiri atas:
 - a. Kulit bumi granitis atau lapisan sial (*silicium*/silika dan aluminium) dalamnya 20 km, sedangkan berat jenisnya 2,8 gram/cm³, sifatnya padat.
 - b. Kulit bumi basal atau lapisan sima (*silicium*/silika dan magnesium) dalamnya antara 20 km – 60 km, sedangkan berat jenisnya 3,2 gram/cm³, sifatnya padat sampai *amorf plastic*.
 - c. Mantel peridotit atau fesima (*ferrum*, *silicium* dan *magnesium*). Terdiri atas persenyawaan magnesium dan sifatnya *amorf plastic*.
2. Lapisan pengantara atau *pirosfer* yang dianggap sebagai mantel yang menyelubungi bumi. Dalamnya 1.200 km sampai 2.900 km, berat jenisnya 5 sampai 8 gram/cm³, bersifat *amorf plastic*.
3. Barisfer atau inti bumi atau lapisan *nife* (*nicolum*/nikel dan *ferrum*/besi). Sifatnya padat, dalamnya 2.900 km sampai 6.300 km, berat jenisnya 8,2 sampai 10 gram/cm³. (Rahayu,dkk, 2009)

2.3.1 Bentuk Muka Bumi

Bentuk muka bumi itu tidak rata atau bergelombang, terdiri dari daratan dan dasar lautan. Dasar lautan adalah muka bumi yang lebih rendah dari pada daratan. Dasar lautan menjadi tempat menggenangnya air laut.



Gambar.2.2 Bentuk muka bumi

Daratan adalah bentuk muka bumi yang timbul di atas permukaan laut atau lautan. Daratan tersebut berupa benua dan pulau. Ketinggiannya 0 meter – 9.000 meter dari permukaan laut. Bentuk muka bumi di daratan menurut ketinggiannya terdiri atas berikut ini.

a) Dataran rendah pantai, tingginya antara 0 m – 200 m di atas permukaan laut.

b) Dataran tinggi, meliputi berikut ini.

- (1) Pegunungan rendah, tingginya antara 201 m – 500 m di atas permukaan laut.
- (2) Pegunungan menengah, tingginya antara 501 m – 1.500 m di atas permukaan laut.
- (3) Pegunungan tinggi, tingginya lebih dari 1.500 m di atas permukaan laut.
- (4) Gunung, yaitu bagian dari puncak pegunungan yang tingginya beragam. Gunung-gunung berpuncak tinggi umumnya dijumpai di daerah pegunungan tinggi dan pegunungan menengah.
- (5) Lembah, ngarai, bukit, dan plato. Lembah adalah bagian permukaan bumi yang rendah, letaknya di antara lereng-lereng kaki pegunungan, gunung, atau bukit. Lembah yang curam, dalam, dan memanjang disebut ngarai atau *canyon*. Di sepanjang ngarai, hampir selalu terdapat sungai. Ngarai sering dijumpai di daerah muka bumi bentuk graben. Graben terbentuk di bagian puncak pegunungan lipatan yang patah. Di Indonesia, graben banyak dijumpai di bagian bagian pegunungan, misalnya Patahan Semangko (Sumatera) yang panjangnya 1.650 km.

Bukit adalah gunung kecil disebut juga perbukitan. Umumnya terdapat di sekitar lokasi pegunungan rendah dan pegunungan menengah. Plato (*plateau*) adalah bagian muka bumi yang relative datar dan tingginya melebihi 700 m di atas permukaan laut. (Iskandar, 2009)

2.3.2 Tenaga Pembentuk Muka Bumi

Bentuk permukaan bumi bersifat dinamis, artinya dari waktu ke waktu terus mengalami perkembangan dan perubahan. Secara umum bentuk permukaan bumi tidaklah rata, dengan pengertian lain terdapat bentuk permukaan yang tinggi (terjal) ada pula yang rendah (landai). Tinggi rendahnya permukaan bumi disebut *relief*.

Ilmu yang mempelajari bentuk-bentuk muka bumi disebut *Geomorfologi*. Perubahan bentuk muka bumi secara alami dipengaruhi oleh dua tenaga alami, yaitu tenaga endogen dan tenaga eksogen. Tenaga dari dalam bumi atau tenaga *endogen* meliputi *vulkanisme* (aktivitas gunung api) dan *tektonisme* (aktivitas gerakan lapisan bumi). Adapun tenaga dari luar bumi atau tenaga eksogen, meliputi kekuatan angin, air, dan *gletser*. (Hartono, 2009)

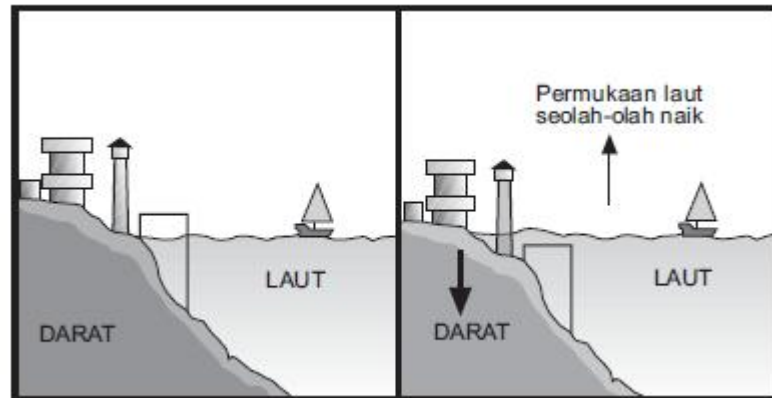
2.3.3 Tektonisme dan Dampaknya

Dinamika Bumi oleh tenaga tektonisme akan memberi dampak pada banyak hal. Dampak nyata dapat langsung dilihat pada muka Bumi yang terpengaruh secara langsung. Pergeseran kerak Bumi mendorong terbentuknya berbagai jenis pegunungan dan cekungan sedimen. Lebih lanjut terjadinya tekanan, regangan, dan deformasi pada kerak Bumi (pengangkatan, amblesan, retakan, patahan, serta lipatan) didukung dengan adanya gaya gravitasi Bumi akan menimbulkan terjadinya erosi, longsor, dan sedimentasi. Dari proses yang terjadi ini dapat menimbulkan bencana alam yang mengakibatkan kerugian materiil, harta benda, dan nyawa. Beberapa dampak di atas dapat digolongkan sebagai dampak negatif. Ada juga dampak positif yang ditimbulkannya, meskipun terkadang banyak orang tidak menyadari. Kantong-kantong minyak dan gas alam banyak ditemukan di lipatan-lipatan dan sesar-sesar batuan yang kondisinya memenuhi syarat. Salah satunya terdapat di sisi utara maupun selatan rangkaian pegunungan yang melintasi Pulau Jawa.

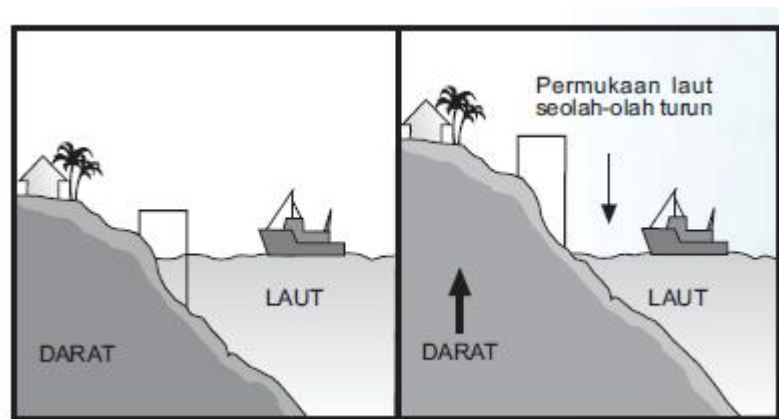
a. Gerak Epirogenesa

Gerakan ini akan mengubah bentuk muka Bumi dalam waktu yang sangat lambat hingga membutuhkan waktu lama. Efek gerakan ini meliputi wilayah yang

sangat luas. Gerakan ini masih dibedakan lagi menjadi gerak epirogenesa positif dan epirogenesa negatif.



Gambar.2.3 Epirogenesa Positif



Gambar.2.4 Epirogenesa Positif

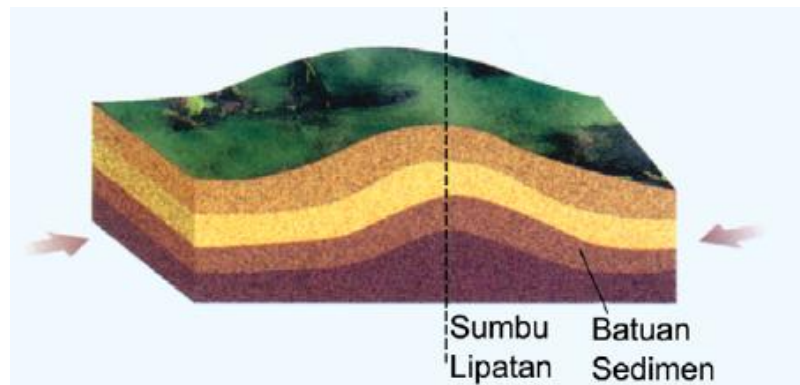
b. Gerak Orogenetik

Berkebalikan dengan gerak epirogenetik, gerak orogenetik berlangsung singkat dan meliputi wilayah yang sempit. Gerak ini berpengaruh besar terhadap terbentuknya pegunungan, patahan, retakan, dan lipatan.

1) Lipatan

Terjadinya lipatan disebabkan oleh gerakan dari dalam Bumi akibat tekanan yang besar dan temperatur yang tinggi, sehingga menjadikan sifat batuan menjadi cair liat atau plastis. Keplastisannya ini membuat batuan tersebut akan terlipat apabila ada dorongan tenaga tektonik. Lipatan lapisan Bumi ini akan membentuk pegunungan, yang puncaknya disebut antiklinal dan wilayah

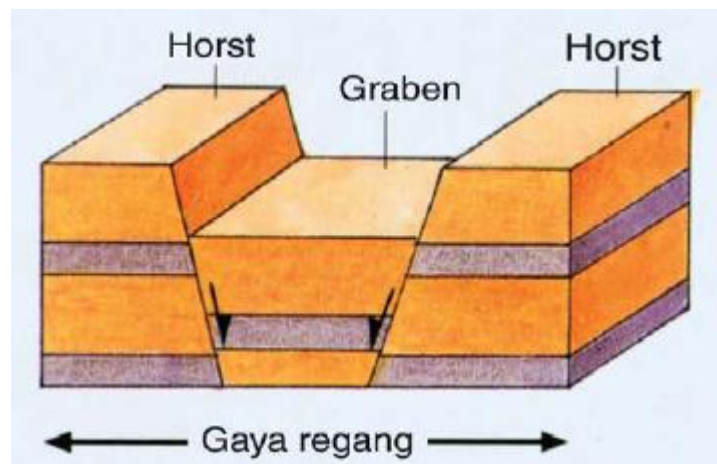
lembahnya disebut sinklinal. Perbedaan tingkat keplastisan dan kekuatan tenaga tektonik menjadikan batuan terlipat dengan berbagai bentuk.



Gambar.2.5 Model Lipatan Tegak

2) Patahan

Patahan terjadi ketika kulit Bumi yang bersifat padat dan keras mengalami retak atau patah pada saat terjadi gerakan orogenesis. Pada patahan, massa batuan mengalami pergeseran titik atau tempat yang semula bertampalan (kontak) kemudian berpindah lokasi (*dislocated/displaced*). Gerakan ini menimbulkan terjadinya patahan dengan gaya tekan (*compression*) dan gaya regangan (*tension*). Ekspresi topografi dari adanya patahan sangat beraneka ragam, antara lain gawir sesar, triangle facet, lembah sesar, fault, rift, graben, horst, dan basin (cekungan struktural). Pada perkembangannya, kenampakan ini mengalami perubahan akibat tenaga endogen. Ciri adanya patahan dapat kamu kenali dari adanya perbedaan ketinggian yang mencolok. Di Indonesia, beberapa patahan dapat kamu jumpai di Semangko (Sumatra) dan Piyungan (Yogyakarta).



Gambar.2.6 Patahan karena gaya renggang

2.3.4 Vulkanisme dan Dampaknya

Aktivitas vulkanisme berkaitan dengan keberadaan magma di dalam Bumi. Isi Bumi yang berbentuk cair ini mengandung batuan dan gas dengan suhu yang sangat tinggi. Oleh karena suhu yang sangat panas membuat magma bergejolak hingga mampu meretakkan, menggeser, dan menyusup ke lapisan Bumi di atasnya. Nah, gejala vulkanisme terjadi karena penyusupan magma. Aktivitas magma tersebut mampu mengukir wajah muka Bumi menjadi berbagai bentuk, sekaligus memengaruhi kehidupan manusia. Salah satu akibat kegiatan vulkanisme adalah gunung api, yang mempunyai bentuk kerucut. Pada sisi lerengnya terdapat jurang-jurang yang merupakan jalan air atau lava menuju lembah. Kebanyakan gunung di Indonesia berupa gunung api.

a. Aktivitas Magma

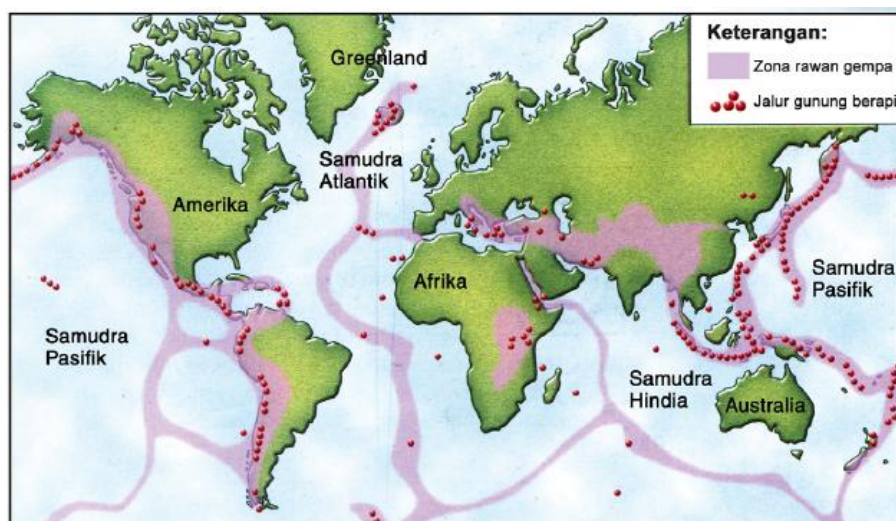
Gunung api terbentuk oleh proses intrusi dan ekstrusi magma dari lapisan dalam kulit Bumi. Setelah sampai di permukaan Bumi, magma pijar yang keluar kemudian membeku dan membentuk timbunan. Magma keluar melalui proses letusan atau erupsi gunung api. Apabila erupsi sering terjadi, magma akan membentuk lapislapis timbunan yang membuat gunung api bertambah semakin tinggi.



Gambar.2.7 Kenampakan Gunung Rinjani

b. Hidup Bersanding dengan Vulkanisme

Pengaruh vulkanisme bisa dirasakan terutama bagi penduduk yang tinggal dekat dengan gunung api. Di wilayah Indonesia banyak terdapat gunung api, karena di Indonesia dilalui dua jalur atau rangkaian gunung-gunung api, yaitu Sirkum Pasifik dan Sirkum Mediterania. Rangkaian gunung-gunung api muncul disebabkan adanya pergerakan lempeng-lempeng tektonik yang saling bertumbukan.



Gambar.2.8 Persebaran Gunung Api di Indonesia

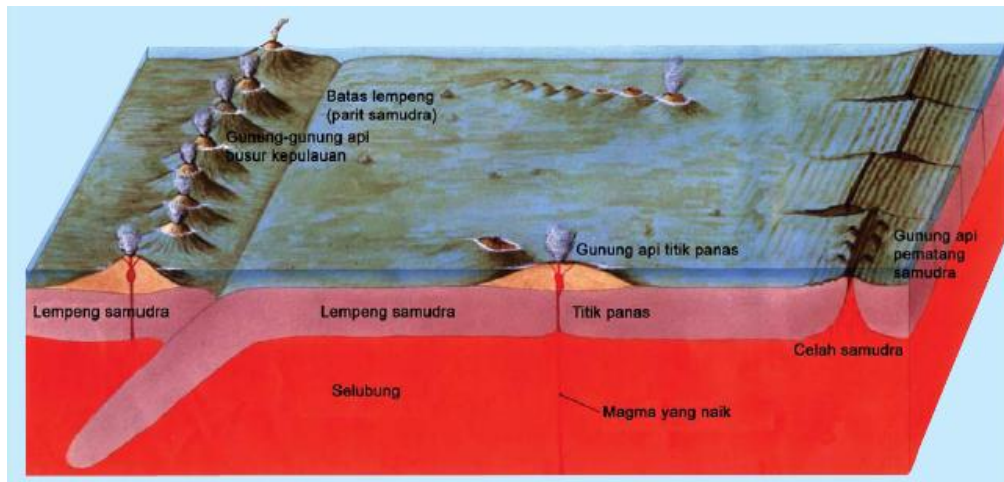
Gunung-gunung api di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi lima rangkaian, yaitu:

- 1) Rangkaian Sunda, yaitu rangkaian gunung berapi yang memanjang dari Sumatra, Jawa, Bali, Lombok, Sumbawa, Flores hingga Alor.
- 2) Rangkaian Banda, sebagian besar terletak di bawah permukaan laut.
- 3) Rangkaian Minahasa dan Sangihe, rangkaian ini masih aktif, seperti di Gunung Soputan dan Gunung Lokon.
- 4) Rangkaian Halmahera, yang terdapat di sekitar Halmahera.
- 5) Rangkaian Sulawesi Selatan, merupakan rangkaian yang sudah tidak aktif (mati).

Gunung api ketika akan meletus sudah memberikan tandatanda atau gejala. Tanda-tanda ini perlu dikenali oleh masyarakat sekitar, sehingga dapat dilakukan usaha penyelamatan atau pengungsian. Tanda-tanda gunung api akan meletus, yaitu:

- 1) Temperatur di sekitar kawah naik.
- 2) Banyak sumber air mengering.
- 3) Sering terjadi gempa.
- 4) Sering terdengar suara gemuruh di sekitar puncak gunung.
- 5) Banyak binatang yang turun gunung atau berpindah.

Aktivitas vulkanisme bisa menimbulkan dampak negatif bagi kehidupan. Seperti beberapa waktu yang lalu dirasakan oleh warga sekitar Gunung Merapi. Gempa vulkanik mereka rasakan, membuat panik dan harus rela kehilangan harta benda. Wedhus gembel yang dihasilkannya juga telah membakar hutan-hutan di sekitar Merapi. Hujan abu yang tebal dan meluas menyebabkan gangguan pernapasan dan penglihatan, hingga gagal panen akibat tanaman layu tertutup abu. Memang peristiwa vulkanis bisa membawa bencana, tetapi setelah tragedi tersebut berlalu, banyak hikmah yang bisa diambil. Meletusnya gunung api bisa meninggalkan fenomena unik, seperti kawah baru yang indah, sumber air panas yang memancar, munculnya sumber air mineral, mata air panas dan sebagainya, yang semuanya itu akan menarik dan berpotensi dikembangkan sebagai objek wisata.



Gambar.2.9 Gunung-gunung Laut

2.3.5 Seisme (Gempa Bumi)

Hampir semua proses dinamika perubahan muka Bumi yang terjadi karena tenaga endogen diikuti dengan gempa. Inilah salah satu bukti adanya tenaga-tenaga dari dalam Bumi. Bahkan dalam aktivitas vulkanisme, frekuensi terjadinya gempa menjadi indikator tingkat keaktifan suatu gunung api. Fenomena ini merupakan gejala pelepasan energi berupa gelombang yang menjalar ke permukaan Bumi akibat adanya gangguan pada lempeng Bumi.

Gempa karena lepasnya sejumlah energi pada saat pergerakan lempeng Bumi disebut gempa tektonik. Akibat aktivitas gunung api, maka disebut gempa vulkanik, dan karena adanya runtuh disebut gempa runtuh. Selain tiga penggolongan gempa tersebut, masih ada beberapa penggolongan gempa berdasarkan parameternya.

1) Berdasarkan kedalaman pusat gempa atau hiposentrum:

- a) Gempa dalam, jika hiposentrumnya terletak 300–700 km di bawah permukaan Bumi.
- b) Gempa intermidier, jika hiposentrumnya terletak 100–300 km di bawah permukaan Bumi.
- c) Gempa dangkal, jika hiposentrumnya kurang dari 100 km di bawah permukaan Bumi.

2) Berdasarkan bentuk episentrumnya:

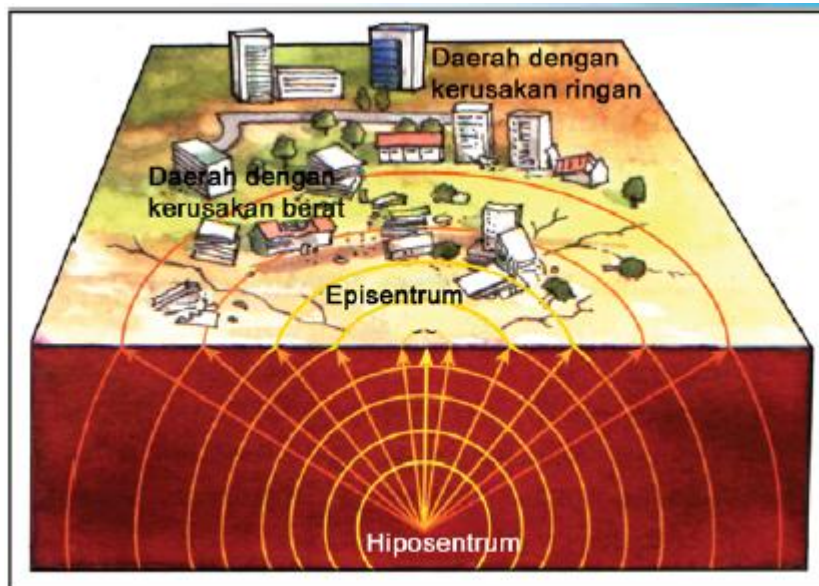
- a) Gempa linier, jika episentrum berbentuk garis. Contoh: Gempa tektonik karena patahan.
- b) Gempa sentral, jika episentrumnya berbentuk titik. Contoh: Gempa vulkanik dan gempa runtuh.

3) Berdasarkan letak episentrumnya:

- a) Gempa daratan, jika episentrumnya di daratan.
- b) Gempa laut, jika episentrumnya di dasar laut.

4) Berdasarkan jarak episentrumnya:

- a) Gempa setempat, jika jarak episentrum dan tempat gempa terasa sejauh kurang dari 1.000 km.
- b) Gempa jauh, jika jarak episentrumnya dan tempat gempa terasa sekitar 10.000 km.
- c) Gempa sangat jauh, jika jarak episentrum dengan tempat terasa lebih dari 10.000 km.



Gambar.2.10 Jalur Kekuatan Gempa

Berdasarkan sejarah kekuatan sumber gempa, aktivitas gempa bumi di Indonesia terbagi dalam enam daerah aktivitas:

1) Daerah Sangat Aktif

Wilayah sangat aktif memungkinkan terjadinya gempa dengan kekuatan lebih dari 8 skala Richter. Meliputi wilayah Halmahera dan lepas pantai utara Papua.

2) Daerah Aktif

Di wilayah ini kemungkinan gempa dengan kekuatan 8 sampai 7 skala Richter sering terjadi. Yaitu di lepas pantai barat Sumatra, Kepulauan Sunda, dan Sulawesi Barat.

3) Daerah Lipatan dengan atau Tanpa Retakan

Gempa dengan kekuatan kurang dari 7 skala Richter bisa terjadi. Wilayah ini meliputi Sumatra, Kepulauan Sunda, dan Sulawesi Tengah.

4) Daerah Lipatan dengan atau Tanpa Retakan

Gempa dengan kekuatan kurang dari 7 skala Richter mungkin terjadi. Wilayah ini meliputi pantai barat Sumatra, Jawa bagian utara, dan Kalimantan bagian timur.

5) Daerah Gempa Kecil

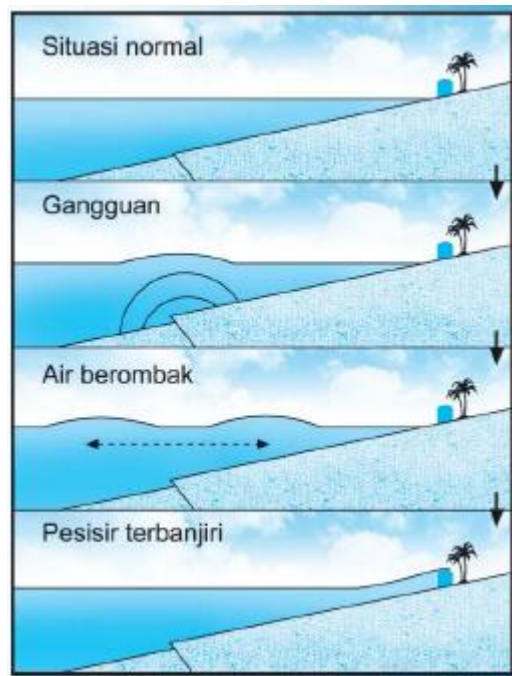
Gempa dengan kekuatan kurang dari 5 skala Richter jarang terjadi. Wilayah ini meliputi pantai timur Sumatra.

6) Daerah Stabil

Tidak ada catatan sejarah gempa di wilayah ini. Wilayah ini meliputi Kalimantan Tengah, Kalimantan bagian barat, serta pantai selatan Papua.

Oleh karena dahsyatnya dampak yang diakibatkan oleh gempa, maka kejadian gempa digolongkan sebagai salah satu bencana yang harus diwaspadai karena dapat juga menyebabkan tsunami. Gempa menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya tsunami. Akan tetapi, tidak semua gempa menyebabkan tsunami. Ada beberapa kondisi yang menyebabkan tsunami, antara lain gempa berkekuatan besar (lebih besar 6 SR, pusat gempa berada di dasar laut dengan pusat gempa yang dangkal, dan adanya dislokasi kerak Bumi bawah laut). Gerakan vertikal pada kerak Bumi dapat mengakibatkan dasar laut naik atau turun secara tiba-tiba, yang mengakibatkan gangguan keseimbangan air yang ada di atasnya. Pada akhirnya menyebabkan terjadinya aliran energi air laut, yang ketika

sampai di pantai akan menjadi gelombang besar yang disebut tsunami. (Anjayani, 2009)



Gambar.2.11 Skema terjadinya Tsunami

2.4 Teknologi *Augmented Reality* (AR)

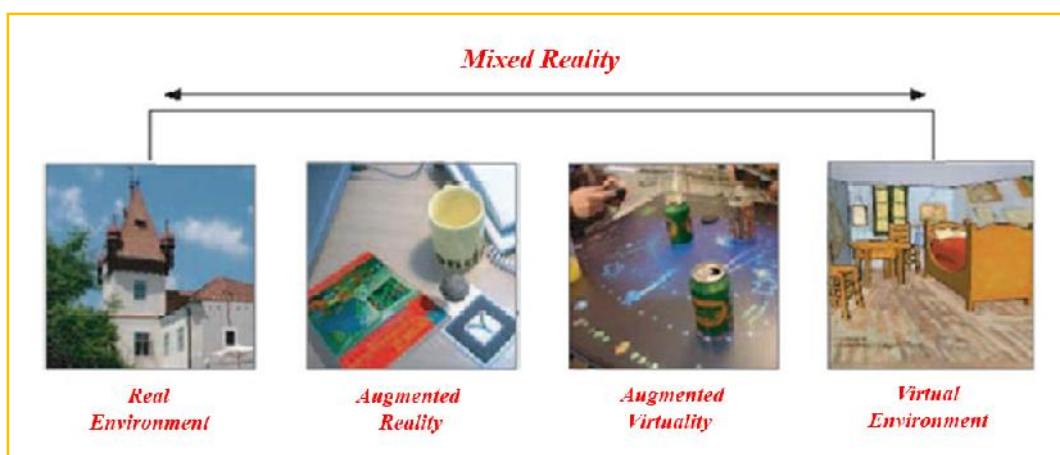
Sejarah tentang *Augmented Reality* (AR) dimulai dari tahun 1957-1962, ketika seorang penemu yang bernama Morton Heilig, seorang *sinematografer*, menciptakan dan mempatenkan sebuah *simulator* yang disebut Sensorama dengan *visual*, getaran dan bau. Pada tahun 1966, Ivan Sutherland menemukan *head-mounted display* yang dia klaim adalah jendela ke dunia *virtual*. Tahun 1975 seorang ilmuwan bernama Myron Krueger menemukan *Videoplace* yang memungkinkan pengguna dapat berinteraksi dengan objek *virtual* untuk pertama kalinya.

Tahun 1989, Jaron Lanier memperkenalkan *Virtual Reality* dan menciptakan bisnis komersial pertama kali di dunia *maya*, Tahun 1992 mengembangkan AR untuk melakukan perbaikan pada pesawat *boeing*, dan pada tahun yang sama, LB Rosenberg mengembangkan salah satu fungsi sistem AR, yang disebut *Virtual Fixtures*, yang digunakan di Angkatan Udara AS Armstrong

Labs, dan menunjukkan manfaatnya pada manusia, dan pada tahun 1992 juga, Steven Feiner, Blair MacIntyre dan Doree Seligmann, memperkenalkan untuk pertama kalinya *Major Paper* untuk perkembangan *Prototype AR*.

Pada tahun 1999, Hirokazu Kato, mengembangkan ArToolkit di HITLab dan didemonstrasikan di SIGGRAPH, pada tahun 2000, Bruce. H. Thomas, mengembangkan ARQuake, sebuah *mobile games* AR yang ditunjukkan di *international symposium on wearable komputers*. Pada tahun 2008, *witiude* AR *Travel Guide*, memperkenalkan Android G1 *telephone* yang berteknologi AR, tahun 2009. Pada tahun yang sama, *wikitude Drive* meluncurkan sistem navigasi berteknologi AR di *platform android*. Tahun 2010, *Acrossair* menggunakan teknologi AR pada I-Phone 3GS.

Teknologi *Augmented Reality* merupakan teknologi yang memungkinkan penambahan citra sintetis kedalam lingkungan nyata. Berbeda dengan lingkungan *Virtual Reality* (VR) yang sepenuhnya mengajak pengguna sepenuhnya kedalam lingkungan sintetis, AR memungkinkan pengguna melihat objek *virtual* 3D yang ditambahkan kelingkungan nyata. AR dan VR merupakan bagian dari rangkaian *virtual-reality* yang selanjutnya disebut dengan *mixed-reality* (MR). Lingkungan MR memadukan dunia nyata dan objek *virtual* dalam tampilan yang sama secara *real-time*. Teknologi ini dapat meningkatkan persepsi dan interaksi para pemakai dengan dunia nyata terutama dengan AR. (Billinghurst, M., Kim, G, 2007).



Gambar 2.12 Rangkaian *reality-virtuality*

AR memiliki tiga keunggulan yang menyebabkan teknologi ini banyak dipilih oleh banyak pengembang, yaitu:

1. Dapat memperluas persepsi *user* mengenai suatu objek dan memberikan '*user experience*' terhadap objek 3D yang ditampilkan
2. Memungkinkan *user* melakukan interaksi yang tidak dapat dilakukan di dunia nyata
3. Memungkinkan untuk menggunakan beragam *tool* (perangkat) sesuai kebutuhan dan ketersediaan.

Selain itu terdapat keterbatasan yang sering menjadi kendala dalam pengembangan suatu proyek yang menggunakan teknologi AR, yaitu:

1. Biaya yang dibutuhkan relatif tinggi untuk menyediakan *tool* yang menunjang untuk resolusi yang baik
2. Kompleksitas Objek
3. Terbatasnya pakar penelitian di territorial tertentu (Jepang dan Eropa)
4. Terbatasnya *bandwidth* untuk mekanisme *distribute resource sharing*.

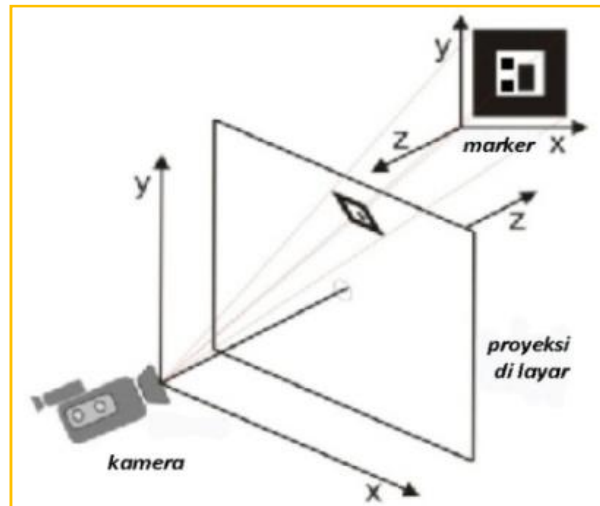
Meski demikian penerapan teknologi AR telah secara luas diaplikasikan dalam berbagai bidang kehidupan termasuk bidang pendidikan.

Tujuan utama dari AR adalah untuk menciptakan lingkungan baru dengan menggabungkan interaktivitas lingkungan nyata dan *virtual* sehingga pengguna merasa bahwa lingkungan yang diciptakan adalah nyata. Dengan kata lain, pengguna merasa tidak ada perbedaan yang dirasakan antara AR dengan apa yang mereka lihat/rasakan di lingkungan nyata. Dengan bantuan teknologi AR (seperti visi komputasi dan pengenalan objek) lingkungan nyata disekitar kita akan dapat berinteraksi dalam bentuk digital (*virtual*).

2.4.1 Lingkungan *Augmented Reality*

Pada sistem AR, sistem koordinat yang dipakai adalah model *pinhole camera* atau kamera lubang jarum. Dimana pada model ini sumbu z positif berada di depan dan yang menjadi acuan adalah posisi marker jika dilihat dari kamera. Jika dilihat pada Gambar 2.13 terlihat *marker* dan kamera masing-masing memiliki orientasi posisi yang berbeda. Baik *marker* maupun kamera

menggunakan sistem *right handed* (sumbu *z* positif didepan) dan hasil penangkapan gambar dari kamera diproyeksikan ke *viewplane* menggunakan proyeksi perspektif.

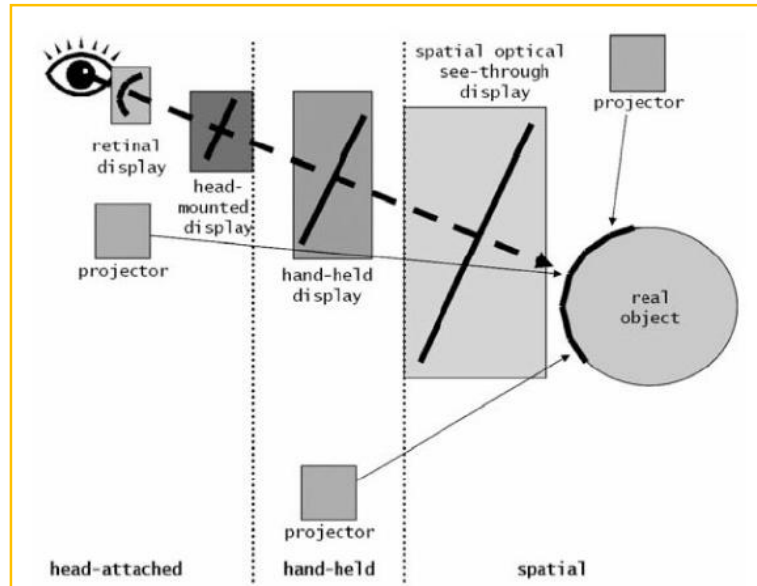


Gambar 2.13 Sistem Koordinat Lingkungan *Augmented Reality*

Dalam menampilkan objek 3D yang sesuai dengan posisi dan orientasi *marker*, perlu diperhitungkan hasil proyeksi yang diterima *viewplane* (bidang proyeksi di layar) untuk kemudian ditampilkan. Selain proyeksi pada bidang 2D, dalam pergeseran *marker* maupun kamera perlu diperhatikan perubahan posisi dan rotasi dalam sistem koordinat 3D. (Persa. Stelian-Florin, 2006).

2.4.2 Teknik *Display Augmented Reality*

Sistem *display* AR merupakan sistem manipulasi citra yang menggunakan seperangkat optik, elektronik dan komponen mekanik untuk membentuk citra dalam jalur optik antara mata pengamat dan objek fisik yang akan digabungkan dengan teknik AR. Bergantung kepada optik yang digunakan, citra bisa dibentuk pada sebuah benda datar atau suatu bentuk permukaan yang kompleks (tidak datar). Gambar 2.14 mengilustrasikan kemungkinan citra akan dibentuk untuk mendukung AR, peletakan *display* bergantung dari pandangan pengguna dan objek, dan tipe citra seperti apa yang akan dihasilkan (*planar* atau *curved*). (O.Bimber and R. Raskar, 2005).



Gambar 2.14 Pembentukan citra untuk *display Augmented Reality*

Secara garis besarnya ada tiga teknik *display AR* , yaitu sebagai berikut:

1. *Head-Attached Display*
2. *Handheld Display*
3. *Spatial Display*

1. *Head-Attached Display*

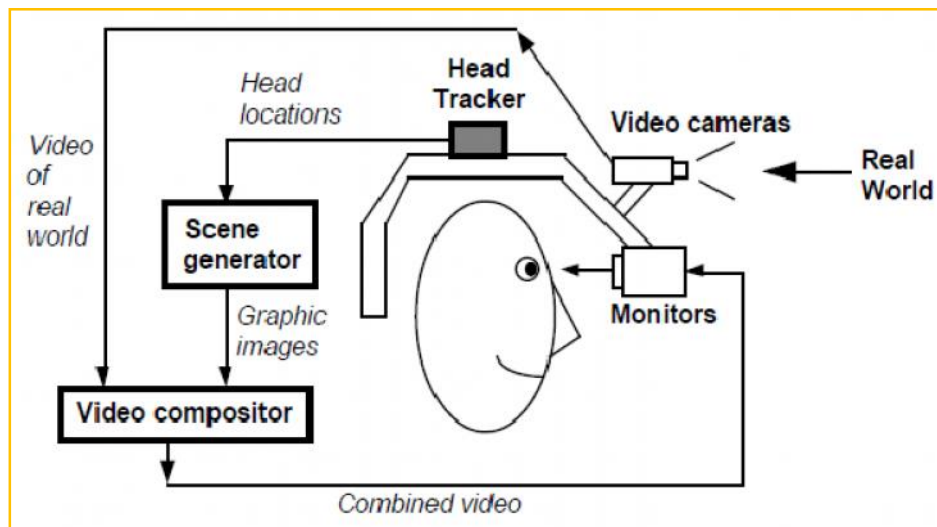
Head-Attached Display merupakan teknik *display* yang mengharuskan penggunaanya untuk memakai sistem ini di kepala pengguna. Berdasarkan teknik citra yang terbentuk, Kelebihan teknik *display Head-Attached Display* ini adalah lebih nyaman ke pengguna, karena citra yang terbentuk mengikuti sudut pandang pengguna , *Head-Attached Display* terbagi tiga, yaitu sebagai berikut:

a. *Head-Mounted Display*

Head-Mounted Display (HMD) menggabungkan citra dari objek *virtual* dan objek nyata dan menampilkannya langsung ke mata pengguna melalui suatu alat yang dipasang di kepala pengguna. Terdapat dua tipe utama perangkat HMD yang digunakan dalam aplikasi realitas tertambah, yaitu

optical-see-through HMD dan *video see-through* HMD. Keduanya digunakan untuk berbagai jenis pekerjaan dan memiliki keuntungan dan kerugian masing-masing. Dengan *optical-see-through* HMD, lingkungan nyata dilihat melalui cermin semi transparan yang diletakkan di depan mata pengguna.

Cermin tersebut juga digunakan untuk mereaksikan citra yang dibentuk oleh komputer ke mata pengguna, menggabungkan lingkungan nyata dan *virtual*. Dengan *video see-through* HMD.



Gambar 2.15 Diagram Opaque HMD

Video see-through HMD bekerja dengan menggabungkan sebuah *closed-view* HMD dengan satu atau dua *head-mounted* kamera video, melalui kamera video tersebut pengguna melihat ke lingkungan nyata. Video dari kamera dikombinasikan dengan citra yang dibuat oleh *scene generator*, dunia nyata dan *virtual* digabungkan. Hasilnya dikirimkan ke monitor yang terletak di depan mata pengguna. Gambar 2.15 menunjukkan konsep dari *Video see-through* HMD, Gambar 2.16 adalah contoh *Video see-through* HMD, dengan dua video terintegrasi di bagian atas helm. (Azuma, R.T, 1997).



Gambar 2.16 Contoh *Opaque* HMD

b. Head-Mounted Projector

Head-Mounted Projectors Menggunakan proyektor atau panel LCD kecil dan mempunyai cahaya sendiri untuk menampilkan citra langsung ke lingkungan nyata. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Contoh *see-through* HMD, dibuat oleh *Hughes Electronics*

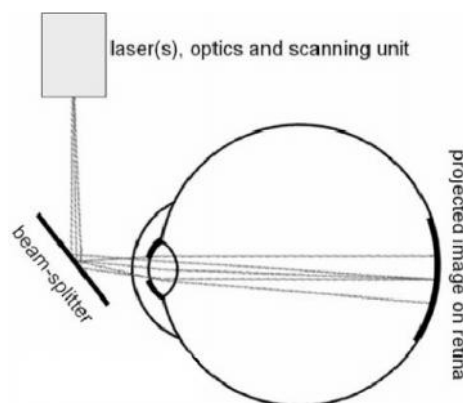


Gambar 2.18 Ilustrasi penggunaan dua jenis perangkat HMPD yang digunakan untuk menampilkan data dan informasi tambahan

c. *Virtual Retina Display*

Virtual retina display (VRD), atau disebut juga dengan *retinal scanning display* (RSD), memproyeksikan cahaya langsung kepada retina mata pengguna. VRD dapat menampilkan proyeksi citra yang penuh dan juga tembus pandang tergantung pada intensitas cahaya yang dikeluarkan, sehingga pengguna dapat menggabungkan realitas nyata dengan citra yang diproyeksikan melalui sistem penglihatannya. VRD dapat menampilkan jarak pandang yang lebih luas dari pada HMD dengan citra beresolusi tinggi.

Keuntungan lain VRD adalah konstruksinya yang kecil dan ringan. Namun VRD yang ada kini masih merupakan *prototipe* yang masih terdapat dalam tahap perkembangan, sehingga masih belum dapat menggantikan HMD yang masih dominan digunakan dalam bidang AR. Gambaran sederhana VRD ini dapat dilihat pada Gambar 2.19

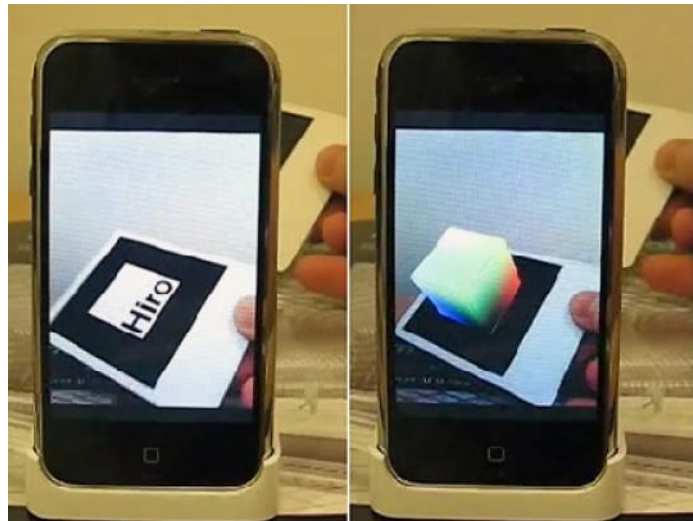


Gambar 2.19 Diagram sederhana *virtual retina display*

2. *Handheld Display*

Teknik ini menggunakan alat dengan *display* yang dengan mudah dapat digenggam pengguna (Tablet PC, PDA dan telepon genggam) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.20. Sensor dapat berupa GPS, kompas digital ataupun kamera yang ada pada *handheld* tersebut. Semua penerapan AR pada perangkat genggam menggunakan kamera untuk menggabungkan citra digital dengan lingkungan nyata, *Handheld AR* sangat menjanjikan untuk tujuan komersial.

Dua kelebihan utama dari *Handheld AR* adalah mobilitas perangkat yang mudah dan salah satu perangkat genggam yang banyak digunakan (telepon genggam) telah banyak dilengkapi kamera.



Gambar 2.20 Contoh *augmented reality* dengan *handphone*

3. *Spatial Display*

Dalam *Spatial Augmented Reality* (SAR), objek nyata digabungkan langsung dengan citra yang terintegrasi langsung ke lingkungan nyata. Contohnya, citra diproyeksikan ke lingkungan nyata menggunakan proyektor digital atau tergabung dengan lingkungan menggunakan panel *display*. Perbedaan utama pada SAR dibanding teknik *display* sebelumnya adalah *display* nya terpisah dengan pengguna. SAR memiliki kelebihan dari HMD dan *handheld*, sistem ini bisa digunakan oleh banyak orang pada waktu bersamaan tanpa perlu mengenakan suatu alat.

Ada tiga teknik *display* dalam SAR , yaitu sebagai berikut:

a. *Screen-Based Video See-Through Displays*

Screen-based AR menggabungkan citra dan lingkungan nyata yang ditampilkan ke sebuah monitor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Contoh *Screen-Based Video See-Through Displays*

b. *Spatial Optical See-Through Displays*

Sistem ini menghasilkan citra yang ditampilkan langsung ke lingkungan nyata. Komponen yang penting dalam sistem ini meliputi *spatial optical combiners* (*planar* atau *curved beam combiners*), layar transparan atau *hologram*.

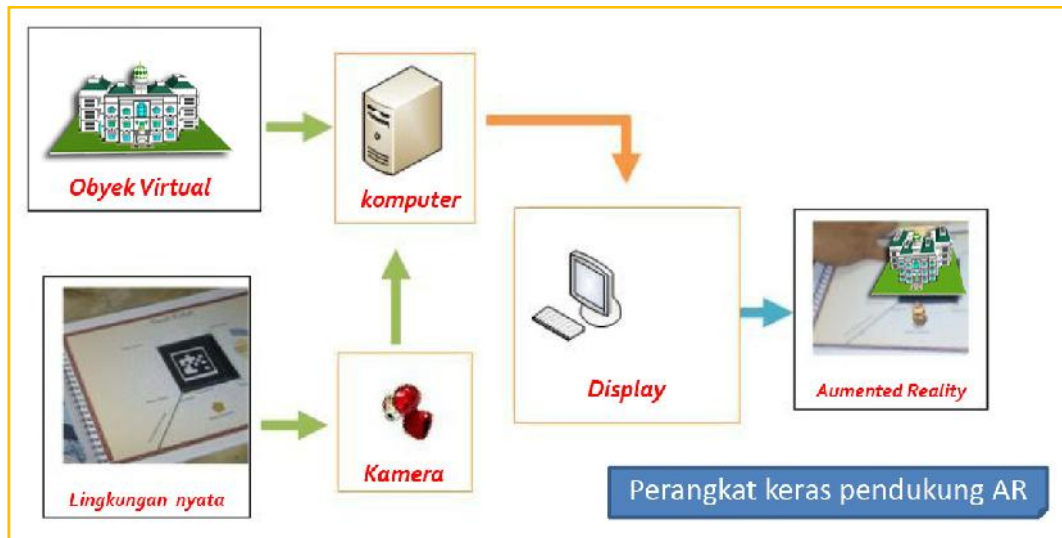
c. *Projection-Based Spatial Displays*

Sistem ini memproyeksikan citra secara langsung pada permukaan objek fisik dari pada menampilkannya pada sebuah bidang pencitraan dalam penglihatan pengguna. Sistem ini menggunakan banyak proyektor yang digunakan untuk meningkatkan wilayah tampilan serta meningkatkan kualitas citra. (O. Bimber and R. Raskar, 2005).

2.4.3 Perangkat Pendukung Sistem AR

Beberapa penelitian mendefinisikan AR sebagai teknologi yang menggunakan *Head Mounted Display* (HMD). Namun untuk menghindari pembatasan AR pada teknologi tertentu, tulisan ini mengadopsi penelitian Azuma yang mendefinisikan AR sebagai suatu sistem yang memiliki tiga karakteristik, yaitu:

1. Kombinasi antara dunia nyata dan *virtual*
2. Interaktif
3. Berbasis 3 Dimensi. (Azuma, 1997)



Gambar 2.22. Skema *Augmented Reality* berbasis *Monitoring*

Dari gambar dapat diketahui bahwa sistem berbasis AR dapat beroperasi dengan perangkat teknologi minimal terdiri dari kamera, komputer dan perangkat untuk tampilan. Untuk aplikasi yang membutuhkan interaksi khusus diperlukan juga perangkat interaksi tambahan tergantung aplikasi yang dikembangkan. Secara sederhana dapat dikategorikan bahwa perangkat keras yang diperlukan terdiri dari berikut ini:

1. Unit visualisasi merupakan perangkat yang akan menampilkan objek 2D, 3D atau tampilan video dari aplikasi AR. Dalam hal ini alat yang termasuk dalam blok unit visualisasi adalah HMD, *monitor* dan *sreen projector*.
2. Unit pemrosesan merupakan unit yang memiliki kemampuan untuk memproses semua layanan yang dibutuhkan oleh unit visualisasi, unit interaksi yang terhubung secara langsung. Unit pemrosesan adalah komputer dengan *prosesor* dan *memory* yang cukup untuk menjalankan aplikasi AR.

3. Unit interaksi yang digunakan dapat berupa *mouse*, *keyboard* atau yang lebih alami adalah *hand marker*. Dengan *hand marker* pengguna dapat berinteraksi dengan objek *virtual* seperti memilih objek, memindahkan objek dan menepatkan objek ditempat yang baru hingga manipulasi objek.

2.4.4 Manfaat Teknologi *Augmented Reality*

Bidang-bidang yang menerapkan teknologi *Augmented Reality* yaitu:

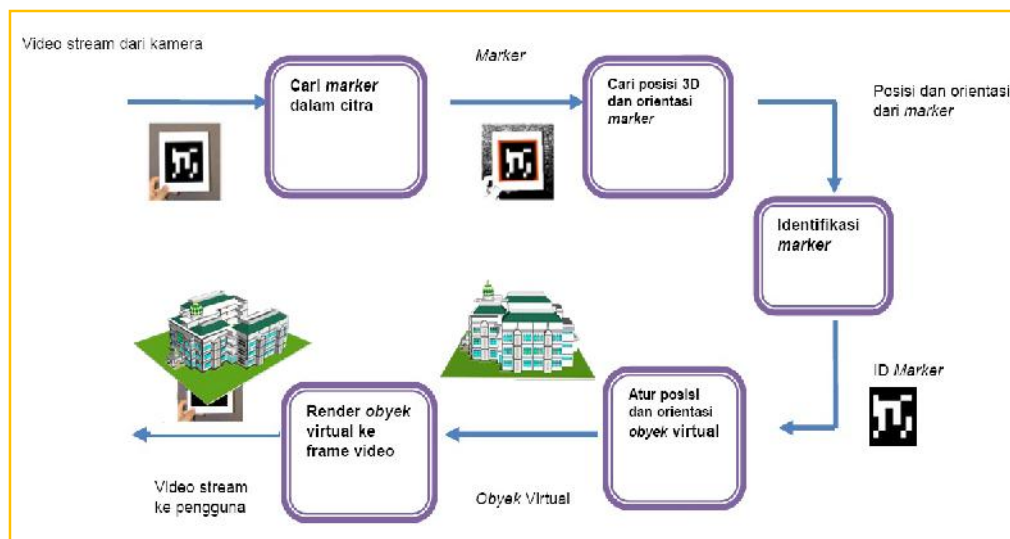
1. Hiburan: Dunia hiburan membutuhkan AR sebagai penunjang efek-efek yang akan dihasilkan oleh hiburan tersebut. Sebagai contoh, ketika seseorang wartawan cuaca memperkirakan ramalan cuaca, dia berdiri di depan layar hijau atau biru, kemudian dengan teknologi AR, layar hijau atau biru tersebut berubah menjadi gambar animasi tentang cuaca tersebut, sehingga seolah-olah wartawan tersebut, masuk ke dalam animasi tersebut.
2. Latihan Militer (*Military Training*): Militer telah menerapkan AR pada latihan tempur mereka. Sebagai contoh, militer menggunakan AR untuk membuat sebuah permainan perang, dimana prajurit akan masuk kedalam dunia *game* tersebut, dan seolah-olah seperti melakukan perang sesungguhnya.
3. *Engineering Design*: Seorang *engineering design* membutuhkan AR untuk menampilkan hasil *design* mereka secara nyata terhadap *klien*. Dengan AR *klien* akan mengetahui tentang spesifikasi yang lebih detail tentang desain mereka.
4. *Robotics dan Telerobotics*: Dalam bidang robotika, seorang operator robot, menggunakan pengendari pencitraan visual dalam mengendalikan robot itu.
5. *Consumer Design*: *Virtual reality* telah digunakan dalam mempromosikan produk. Sebagai contoh seorang pengembang menggunakan brosur *virtual* untuk memberikan informasi yang lengkap secara 3D, sehingga pelanggan dapat mengetahui secara jelas produk yang ditawarkan.

6. Kedokteran (*Medical*): Teknologi pencitraan sangat dibutuhkan di dunia kedokteran, seperti untuk pengenalan operasi, pengenalan pembuatan vaksin.

2.4.5 ArToolkit

ArToolkit adalah *software library* untuk membangun AR. Aplikasi ini adalah aplikasi yang melibatkan *overlay* pencitraan *virtual* ke dunia nyata. Untuk melakukan ini, ArToolkit menggunakan pelacakan video, untuk menghitung posisi kamera yang nyata dan mengorientasikan pola pada kertas *Marker* secara *realtime*. Setelah posisi kamera yang asli telah diketahui, maka *virtual camera* dapat diposisikan pada titik yang sama, dan objek 3D dapat digambarkan diatas *Marker*. Jadi ArToolkit memecahkan masalah pada AR yaitu, sudut pandang pelacakan objek dan interaksi objek *virtual*.

ArToolkit merupakan *software library* yang dirancang untuk dapat dihubungkan ke dalam program aplikasi. ArToolkit membutuhkan *webcam* yang sudah terinstall di komputer. (www.hitl.washington.edu)



Gambar 2.23. Prinsip kerja ArToolkit merender objek *virtual* ke dunia nyata

Secara umum prinsip kerja ArToolkit adalah sebagai berikut:

1. Kamera menangkap (*capture*) koordinat *marker* dari dunia nyata dan mengirimnya ke komputer

2. *Software* dalam komputer mencari setiap *frame* video dari semua bentuk *marker*
3. Jika semua *marker* telah ditemukan, komputer akan memproses secara matematis posisi *relative* dari kamera ke kotak hitam (*black square*) yang terdapat pada *marker*.
4. Pada saat posisi kamera sudah diketahui, maka model objek 3D akan digambarkan pada posisi yang sama.
5. Model objek 3D akan ditampilkan pada *marker* yang berada di dunia nyata.

Adapun kelebihan dan kekurangan ArToolkit adalah:

a. Kelebihan ArToolkit

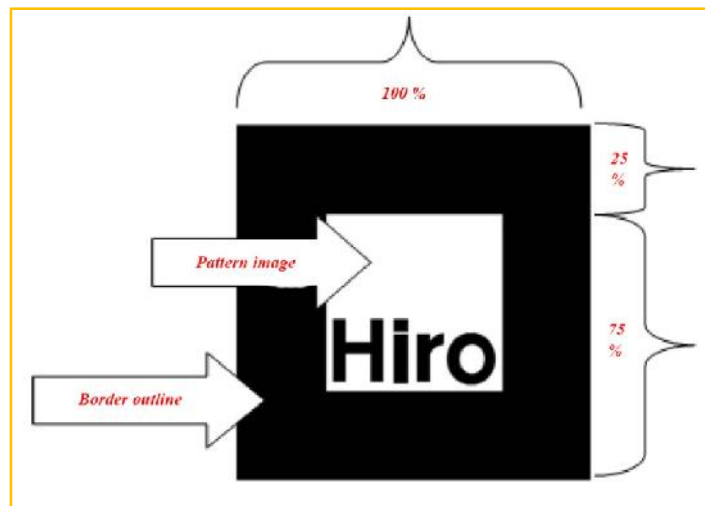
1. ArToolkit dapat menempatkan objek 3D yang dihasilkan komputer sehingga seolah-olah sudut pandang berada pada dunia nyata
2. ArToolkit bersifat *opensource* sehingga dalam pengembangannya dapat dilakukan dengan mudah.
3. ArToolkit menggunakan teknik *computer vision tracking* dalam menghitung posisi kamera dan orientasi yang relatif terhadap *marker*
4. ArToolkit dapat berjalan dalam segala sistem operasi.

b. Kekurangan ArToolkit

1. Objek *virtual* akan muncul jika *marker* berada pada posisi yang dapat dilihat oleh kamera.
2. Objek *virtual* akan hilang apabila terhalang objek lain misalnya tangan.
3. Masalah jangkauan dan masalah cahaya. Semakin kecil atau semakin jauh *marker* terhadap kamera, maka semakin kecil kemungkinan *marker* dapat dideteksi oleh kamera
4. Agar objek *virtual* dapat di deteksi dengan baik, *marker* yang dibuat sebaiknya terbuat dari bahan yang tidak memantulkan cahaya.

2.4.6 Marker

Marker adalah pola yang dibuat dalam bentuk gambar yang telah dicetak dengan *printer* yang akan dikenali oleh kamera. *Marker* pada ArToolkit merupakan gambar yang terdiri atas *border outline* dan *pattern image* seperti terlihat pada Gambar 2.24.



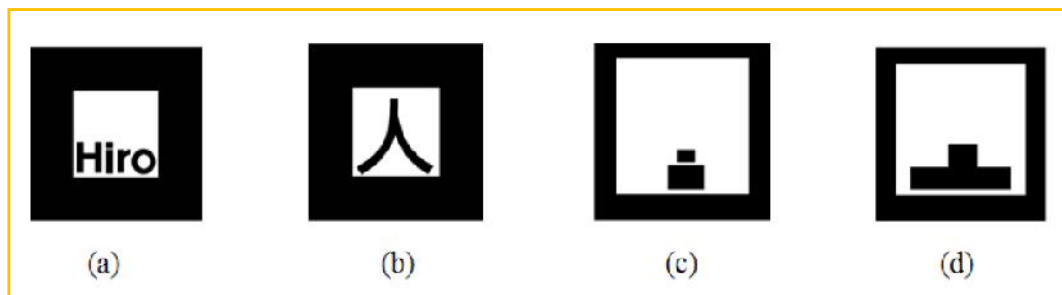
Gambar 2.24 Marker Hiro

Marker biasanya dengan warna hitam dan putih. Cara pembuatannya pun sederhana tetapi harus diperhatikan ketebalan *Marker* yang akan dibuat, ketebalan *Marker* jangan kurang dari 25 % dari panjang garis tepi agar pada saat proses deteksi *Marker* dapat lebih akurat. Nama Hiro yang ada pada gambar merupakan sebuah pembeda saja. Sedangkan objek warna putih sebagai *background*, yang nantinya akan digunakan sebagai tempat objek yang akan di *render*.

Ciri-ciri yang umum digunakan untuk mengenali satu atau beberapa objek di dalam citra adalah ukuran, posisi atau lokasi, dan orientasi atau sudut kemiringan objek terhadap garis acuan yang digunakan. *Marker* terdapat dua intensitas warna yaitu warna hitam dan putih atau sering disebut sebagai citra *biner*. Citra *biner* memisahkan daerah (*region*) dan latar belakang dengan tegas, walau pun potensi munculnya kekeliruan selalu ada. Kekeliruan di sini adalah kesalahan mengelompokkan *pixel* ke dalam golongannya, apakah *pixel* milik suatu daerah dikelompokkan sebagai latar belakang atau sebaliknya. Kesalahan seperti

ini sering disebut dengan *noise*. Warna putih pada *Marker* menunjukkan warna sebuah objek, sedangkan warna hitam menunjukkan latar belakang.

Intensitas warna pada suatu objek memiliki warna yang lebih rendah (gelap), sedangkan latar belakang mempunyai intensitas yang lebih tinggi (terang). Namun pada kenyataannya dapat saja berlaku kebalikannya, yaitu objek mempunyai intensitas tinggi dan latar belakang mempunyai intensitas rendah. Kombinasi ini biasanya tergantung pada sifat latar belakang pada saat citra tidak tampil terang sekali (putih) atau gelap sekali (hitam), melainkan di antaranya dengan demikian suatu objek yang sama dapat tampil lebih terang atau lebih gelap dari pada latar belakangnya dalam citra, tergantung pada gelap atau terangnya warna yang melatar belakanginya. (Ahmad, 2005)



Gambar 2.25. Contoh-contoh *Marker*

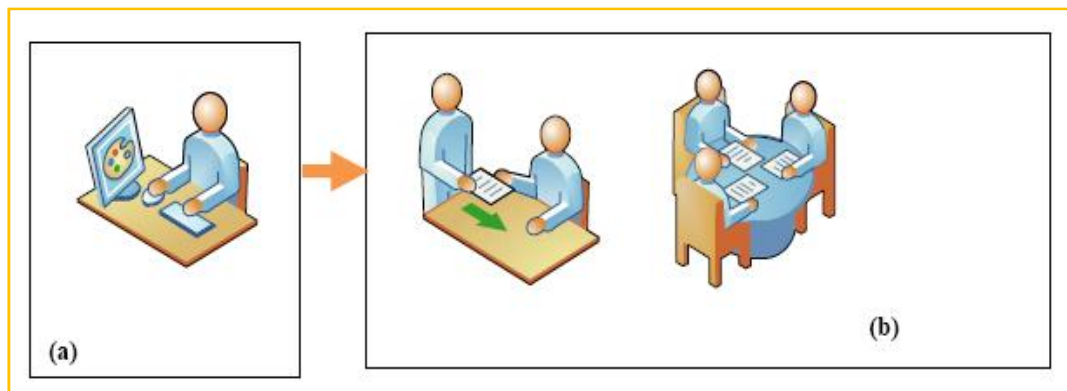
Ukuran *Marker* yang digunakan dapat mempengaruhi penangkapan pola *Marker* oleh kamera. Semakin besar ukuran *Marker* semakin jauh jarak yang bisa ditangkap oleh kamera dalam mendeteksi *Marker*. Namun disinilah masalahnya, ketika *Marker* bergerak menjauhi kamera, jumlah *pixel* pada layar kamera menjadi lebih sedikit dan ini bisa mengakibatkan pendeteksian tidak akurat.

2.5 Tangibel User Interface (TUI)

Secara umum antarmuka pengguna aplikasi komputer terdiri dari satu layar, suatu *keyboard* dan *mouse* yang kemudian sering disebut dengan *Graphical User Interface* (GUI). Interaksi dalam GUI adalah interaksi 2 dimensi, interaksi ini sangat luas digunakan, bahkan memberikan asumsi bahwa teknik GUI yang memberikan optimailsasi komunikasi antara pengguna dan komputer. Meski demikian muncul beberapa permasalahan terkait ini, yaitu:

1. Untuk berinteraksi, pengguna harus memiliki *mouse* dan *keyboard* sehingga objek tidak bisa dimanipulasi secara langsung.
2. Pengguna hanya bisa melihat objek secara 2 dimensi bukan 3D.

Kemudian seorang ilmuwan asal Jepang yang bernama Ishii mempopulerkan *Tangible User Interface* (TUI) sebagai konsep antar muka pengguna yang dapat disentuh, dalam TUI objek fisik secara langsung dapat digunakan untuk mengolah data digital. Lebih dalam bahwa ia menyebut bahwa TUI merupakan UI yang menggunakan objek fisik, bidang dan ruang merupakan media informasi yang dapat disentuh.



Gambar 2.26 Perkembangan UI : GUI (a) dan TUI (b)

TUI memungkinkan pengguna memanipulasi objek-objek *virtual* dengan objek fisik yang digunakan. Dalam lingkungan AR, pengguna dapat berinteraksi secara *real time* baik objek fisiknya maupun objek *virtual* yang ditambah kedalam lingkungan sebenarnya. Salah satu keberhasilan AR adalah UI yang sederhana, sehingga tidak harus melakukan pelatihan, akan tetapi mampu memberikan kesempatan untuk melakukan interaksi dengan objek *virtual* secara maksimal dan penuh makna. (Kim, Ji-Sun, et. Al, 2002)

2.6 Tangibel Augmented Reality (TAR)

TAR adalah kombinasi sistem AR dengan TUI. Pengguna berinteraksi dengan objek *virtual* dalam lingkungan AR dengan menggunakan objek nyata. Dari sudut pandang pengguna, pengguna tidak perlu belajar lama untuk menggunakan/berinteraksi dengan sistem AR, sebaliknya dengan cepat mampu

berinteraksi karena berdasarkan pengalaman di dunia nyata. TAR memungkinkan pengguna melihat objek *virtual* dari berbagai sudut pandang dengan interaksi yang *intuitif*. TAR dipilih karena berdasarkan alasan sebagai berikut:

1. Pengguna memanipulasi objek nyata untuk memanipulasi objek *virtual*
2. Dapat berinteraksi walaupun tidak menggunakan perangkat khusus
3. Beberapa objek *virtual* dapat dimanipulasi dalam satu waktu
4. Memungkinkan beberapa pengguna berkolaborasi dalam waktu yang sama.

Tujuan TAR adalah mencoba menghilangkan kesenjangan interaksi antara interaksi yang berada di lingkungan nyata dengan interaksi dalam sistem komputer. (Billinghurst, M., Kim, G, 2007).

2.7 Skenario Interaksi dalam TAR

Interaksi merupakan aspek penting dalam perancangan aplikasi berbasis *Augmented Reality*. Hal tersebut sangat terkait dengan pengalaman yang akan dirasakan langsung oleh pengguna. Kontrol interaksi dalam TAR dapat dilakukan dalam berbagai *scenario* tergantung kreatifitas dari pengembang sistem. Seperti pengguna interaksi yang membolak-balik halaman *marker* pada buku, memindahkan *marker* atau dalam bentuk memindahkan kamera agar dapat melihat objek dari berbagai sudut mata.

Seorang ilmuwan “Bowman” telah melakukan riset sistematis dalam teknis interaksi 3D dalam bentuk *Virtual Reality*. Ia menyebutkan bahwa umumnya untuk lingkungan VR terdiri dari fungsi-fungsi dasar seperti pemilihan objek, manipulasi objek dan *viewpoint control (navigation)*. Jenis interaksi itu kemudian banyak dikembangkan dalam TAR.

a. Viewpoint control (navigation)

Secara sederhana adalah *viewpoint control (navigation)* adalah melihat objek *virtual* dari sudut pandang pengguna. Karena lingkungan TAR didasarkan pada lingkungan dunia nyata, maka terdapat tiga konfigurasi utama untuk kendali sudut pandang yang terkait dalam tampilan konfigurasi sistem: *mobile*, *fixed* dan *tele-mobile*.



Gambar 2.27. *Viewpoint control: mobile, fixed dan tele-mobile*

Viewpoint bersifat *mobile* jika sudut pandang selaras dengan sudut pandang fisik pengguna. Dalam hal ini pengguna dengan bebas melihat sudut pandangnya dengan menggerakkan kepalanya. Sedangkan untuk *viewpoint* yang bersifat *fixed* para pengguna melihat dengan sudut pandangnya dengan suatu kamera diposisi depan. Meski para pemakai tidak mampu mengubah pandangan yang ditambahkan, pengguna masih bebas memandang dunia secara bebas.

Untuk *viewpoint* yang bersifat *tele-mobile*, sudut pandang pengguna didasarkan pada sudut pandang kamera yang diposisikan tidak tetap, pengguna dapat merubah arah kamera jika diperlukan, pengguna dapat melihat visualisasi AR melalui monitor. Konfigurasi yang dilakukan Azuma adalah aplikasi yang dikembangkan merupakan contoh *viewpoint* bersifat *tele-mobile*.

b. 3D Spatial Manipulation

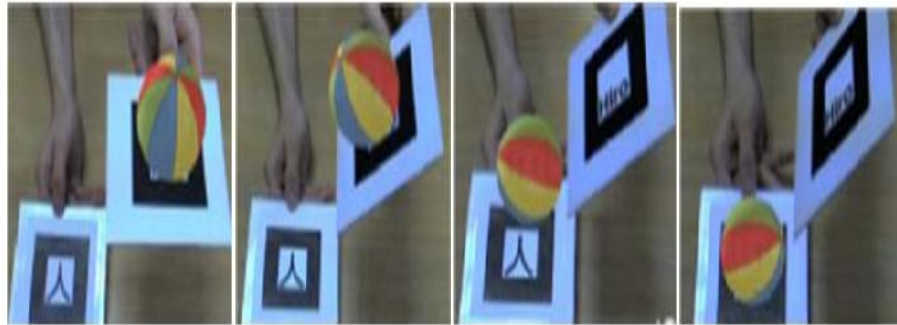
Manipulasi objek dalam ruang merupakan jenis interaksi yang paling sering digunakan. Bowman membagi interaksi ini menjadi 3 bagian yaitu pemilihan, manipulasi dan *realize*.

1. Selection dan Realese

Selection merupakan pemilihan objek yang dilakukan *pointer* berupa *cursor* atau *pointer* pada lingkungan GUI, sedangkan pada lingkungan AR menggunakan tangan *virtual*. Untuk tujuan tersebut harus ada *interface* khusus yang digunakan (seperti *maouse traking sensor*) untuk menggerakkan *pointer virtual* ke posisi objek yang akan dipilih. *Selection* merupakan jenis interaksi dasar yang harus ada agar sistem *Augmented Reality* dapat lebih interaktif.

Dalam TAR pemilihan objek dapat dilakukan secara langsung, ketika setiap objek *virtual* mempunyai pasangan objek fisik dilingkungan nyata maka interaksi dapat dilakukan pada objek fisik tersebut secara *real time* sama dengan berinteraksi dengan objek *virtual*.

Proses *release* atau pelepasan objek dilakukan setelah melakukan pemilihan objek. *Realese* pada TAR dilakukan sama seperti lingkungan nyatanya yaitu melepaskan objek fisiknya. Sedangkan dalam kasus yang dinamis pelepasan dapat dilakukan dengan adanya *metode* yang *tringger* pelepasan misalnya dengan memiringkan objek fisiknya seperti Gambar 2.28.



Gambar 2.28. *Selection* dan *Realese* pada kasus dinamis

2. *Manipulation*

Manipulasi objek merupakan interaksi untuk melakukan perubahan terhadap objek *virtual*. Manipulasi dilakukan setelah pemilihan objek, manipulasi dapat dilakukan berupa *scaling* objek, reposisi objek (*translasi*, *rotasi*).



Gambar 2.29. Manipulasi Objek *virtual* dengan cara *scaling* dan rotasi

c. *Event Generation*

Selain interaksi dasar diatas (*viewpoint control, selection dan manipulation*) terdapat skenario interaksi tambahan yaitu *event generation* yakni interaksi yang secara interaktif memicu kejadian/fungsi tertentu. Yang sering dikembangkan dalam aplikasi TAR dengan jenis interaksi ini adalah menggunakan konfigurasi ruang yang dimiliki objek-objek fisik ataupun *virtual* atau secara sederhana berorientasi pada lokasi/posisi objek tersebut.

Sebagai contoh jika apabila posisi dua objek didekatkan maka sesuatu akan terjadi seperti animasi. Seperti *MagicPlanet* yang mengharuskan pengguna menepatkan objek *virtual* planet pada posisi yang benar, jika urutan objek *virtual* planet sudah benar maka akan dilihat *virtual* dari animasi tata surya. (Bowman, D., et al, 2001)



Gambar 2.30. *Tangible AR Puzzele calculator*

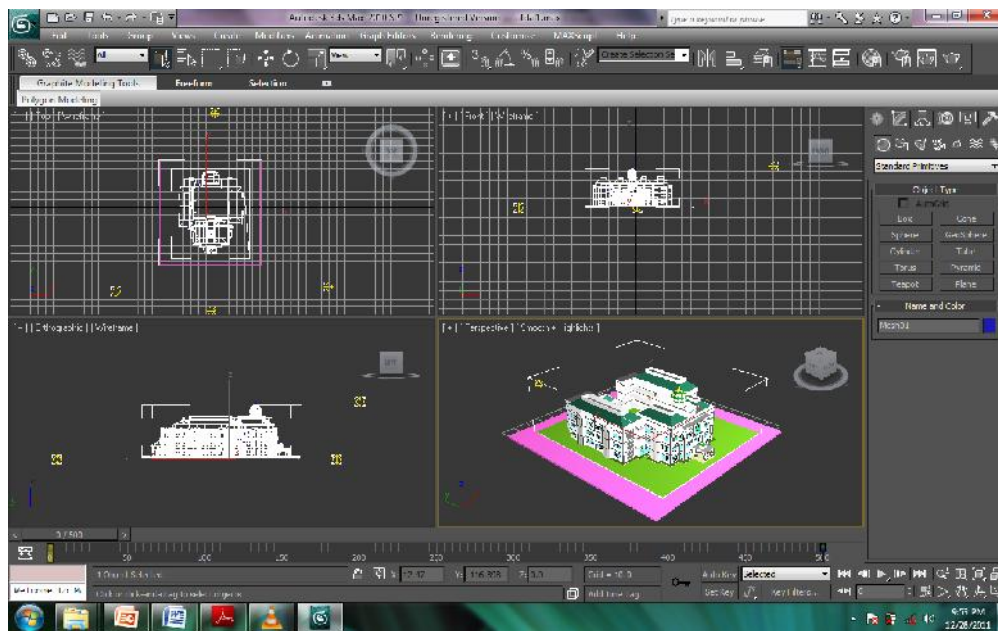
2.8 Autodesk 3D Studio Max

Autodesk 3ds Max, 3D Studio MAX sebelumnya, adalah pemodelan animasi dan *rendering* paket yang dikembangkan oleh Autodesk Media dan Entertainment. Autodesk memiliki kemampuan pemodelan, arsitektur *plugin* yang fleksibel dan dapat digunakan pada *platform Microsoft Windows*. Selain pemodelan dan *tool* animasi, versi terbaru dari 3DS Max juga memiliki fitur *shader* (seperti *ambient occlusion* dan *subsurface scattering*), *dynamic simulation*, *particle systems*, *radiosity*, *normal map creation and rendering*, *global illumination*, *customize user interface* untuk 3DS Max.

Pada 3DS Max mendukung untuk di *ekspor* pada VRML, VRML adalah singkatan dari *Virtual Reality Modelling Language* suatu bahasa pemrograman

yang digunakan untuk membentuk objek 3D yang dapat dibaca oleh *browser* internet. VRML dipublikasikan pada Mei 1995 dan kemudian dilakukan standarisasi pada VRML97. (Bahtiar, 2011)

3D Studio Max merupakan *software* visualisasi (*modelling* dan animasi) Tiga dimensi yang populer dan serba guna. Hasil yang dibuat di *3D Studio Max* sering digunakan di pertelevisian, media cetak, *Games*, web. (Hendratman, 2011)



Gambar 2.31. Tampilan *interface* 3DS Max

2.9 Skala *Likert*

Skala *Likert* adalah skala yang dapat dipergunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang suatu gejala atau fenomena pendidikan. Skala *Likert* merupakan suatu skala psikometrik yang umum digunakan dalam kuesioner, dan merupakan skala yang paling banyak digunakan dalam riset berupa survei. Nama skala ini diambil dari nama Rensis Likert, yang menerbitkan suatu laporan yang menjelaskan penggunaannya. Sewaktu menanggapi pertanyaan dalam skala *Likert*, responden menentukan tingkat persetujuan mereka terhadap suatu pernyataan dengan memilih salah satu dari pilihan yang tersedia dengan diberikan sebuah nilai skor. Ada dua bentuk pertanyaan yang menggunakan *Likert* yaitu pertanyaan positif untuk mengukur

minat positif, dan bentuk pertanyaan negatif untuk mengukur minat negatif. (Sugiyono, 2006)

Tabel. 2.1 Kategori Penskoran Jawaban Angket Berdasarkan Skala *Likert*

Alternatif Jawaban	Skor
Sangat baik/sangat tinggi/sangat Setuju	5
Baik/tinggi/setuju	4
Cukup baik/cukup tinggi/tidak tahu	3
Kurang baik/rendah/tidak setuju	2
Sangat tidak baik/sangat rendah/sangat tidak setuju	1

Teknik kuantitatif juga digunakan dalam perhitungan hasil angket. Dalam sebuah penelitian menggunakan skala *likert*. Mengartikan skala *likert* sebagai suatu skala yang digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok tentang fenomena sosial. Adapun langkah perhitungannya adalah dengan cara menghitung skor rata-rata jawaban yang dicapai setiap peserta yang dirumuskan dengan tabulasi sederhana sebagai berikut:

$$P_k = (f/N) * I_{kb}$$

Keterangan:

P_k = Persentase untuk k kondisi dalam tidak setuju, kurang setuju, setuju dan sangat setuju

f = Total respon dalam k kondisi

N = Jumlah total pertanyaan dikalikan total responden

I_{kb} = Interpretasi k kondisi skor

2.10 Blackbox Testing

Blackbox testing merupakan pengujian yang memungkinkan *software engineer* mendapatkan serangkaian kondisi input yang sepenuhnya menggunakan semua persyaratan fungsional untuk suatu program (Pressman, 2005). Pengujian *blackbox* juga merupakan pendekatan komplementer yang memungkinkan besar mampu mengungkapkan kelas kesalahan dari pada metode *whitebox*. Pengujian *blackbox* berusaha menemukan kesalahan dalam kategori sebagai berikut:

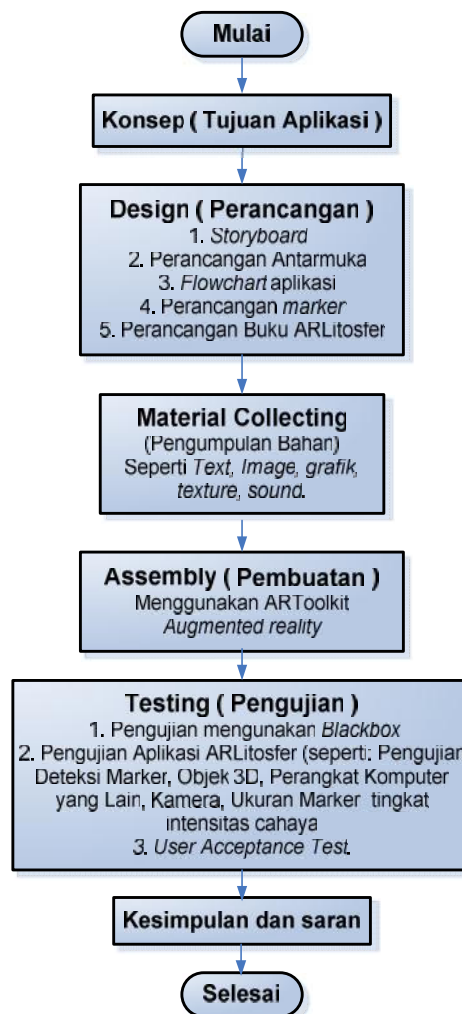
1. Fungsi-fungsi yang tidak benar dan hilang
2. Kesalahan *interface*
3. Kesalahan dalam struktur data atau akses database eksternal
4. Kesalahan kinerja
5. Inisialisasi dan kesalahan terminasi

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian agar hasil yang dicapai sesuai dengan tujuan yang telah dilakukan sebelumnya. Tahap-tahap yang akan dilalui digambarkan dengan *flowchart* berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.2 Konsep

Dalam tahapan konsep pada multimedia dituntut untuk menganalisa kebutuhan sistem yang mencakup masalah yang akan diangkat. Alat bantu yang digunakan dalam melakukan analisa adalah *storyboard*, *flowchart* dan perancangan antarmuka. Sistem yang dibuat ini dimulai dengan *input* data berupa teks, grafik, suara dan animasi.

Dalam konsep juga merupakan tahap penentuan tujuan, termasuk identifikasi *user*, macam aplikasi, tujuan aplikasi (Pendidikan, informasi, hiburan, pelatihan, *game*) dan spesifikasi umum. Dasar aturan untuk perancangan juga ditentukan pada tahap ini.

3.3 Design (Perancangan)

Tahap perancangan sistem merupakan tahapan dalam membuat rincian sistem hasil dari analisis menjadi suatu bentuk perancangan agar dimengerti oleh pengguna (*user*).

- a. Perancangan sistem seperti perancangan proses-proses yang akan dilakukan dalam pembuatan program aplikasi yang berbasis Teknologi *Augmented Reality*.
- b. Perancangan *storyboard* sistem untuk melihat proses-proses yang terjadi dalam aplikasi yang dibuat.
- c. Menggabungkan hasil perancangan pada aplikasi menggunakan multimedia dengan mengikuti langkah-langkah yang telah ditentukan pada analisa menggunakan *software*. Langkah yang ada akan mengikuti alur yang dibuat.
- d. Perancangan *marker* yang digunakan dalam aplikasi ARLitosfer
- e. Perancangan Buku ARLitosfer

3.4 Material Collecting (Pengumpulan Bahan)

Material collecting atau pengumpulan bahan dapat dikerjakan paralel dengan tahap *assembly*. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan bahan seperti *text*, *image*, *grafik*, *texture* dan *sound* yang diperlukan untuk tahap selanjutnya. Bahan

yang diperlukan dalam multimedia dapat diperoleh dari sumber-sumber seperti *library*, bahan yang sudah ada pada pihak lain atau pembuatan khusus yang dilakukan oleh pihak lain.

3.5 *Assembly* (Pembuatan)

Pada tahap ini akan dikembangkan suatu perangkat lunak pembelajaran yang berbasis Teknologi *Augmented Reality* menggunakan *library* ARToolkit.

Perangkat lunak pembelajaran dalam tugas akhir ini adalah berbasis multimedia. Kemudian akan dilakukan pengujian terhadap implementasi tersebut dan peninjauan kembali hasil dari kinerja sistem yang telah dikembangkan.

3.6 *Testing* (Pengujian)

Tahap pengujian dilakukan dengan tujuan untuk menjamin sistem yang dibuat sesuai dengan hasil analisis dan perancangan serta menghasilkan satu kesimpulan apakah sistem tersebut sesuai dengan yang diharapkan.

Dibawah ini adalah beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada proses pengujian:

- a. Perangkat lunak dan sistem operasi yang digunakan dalam pembuatan dan penerapan aplikasi menggunakan Sistem Operasi Windows 7, ARToolkit, Adobe Photoshop CS3, Adobe Flash CS4.
- b. Perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan dan pengujian aplikasi ini adalah komputer dengan spesifikasi:
 1. *Processor* Intel Dual-Core
 2. *Memory* 2.5 GB
 3. *Harddisk* 120 GB
 4. *Monitor, Mouse dan Keyboard.*
 5. *Camera (eksternal) M – Tech 5.0M Pixel*
 6. *Monitor, Mouse dan Keyboard.*
 7. *Sound speaker MS-582 3D sound speaker MULTI-MEDIA*

Ada beberapa pengujian yang dilakukan terhadap aplikasi ARLitosfer yang telah dibuat untuk membuktikan bagaimana akurasi aplikasi yang dirancang, diantaranya:

1. Pengujian *Blackbox*

Blackbox merupakan pengujian yang memungkinkan *software engineer* mendapatkan serangkaian kondisi input yang sepenuhnya menggunakan semua persyaratan fungsional untuk suatu program.

2. Pengujian aplikasi ARLitofer

Ada beberapa perangkat komputer yang dilakukan pengujian pada aplikasi ARLitosfer ini, antara lain: Pengujian Deteksi *Marker*, Objek 3D, Perangkat Komputer yang Lain, Kamera, Ukuran *Marker* tingkat intensitas cahaya.

3. *User Acceptance Test*

Pada *user acceptance test* dilakukan pada pembagian kuisioner pada beberapa orang guru dan siswa SMA.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hasil akhir yang didapatkan dari pembahasan sesuai dengan proses-proses yang telah dilakukan sebelumnya, sedangkan saran merupakan keinginan-keinginan penulis atas kekurangan yang terdapat pada permasalahan yang diangkat sehingga permasalahan tersebut dapat menjadi teratasi dan disempurnakan lagi.

BAB IV

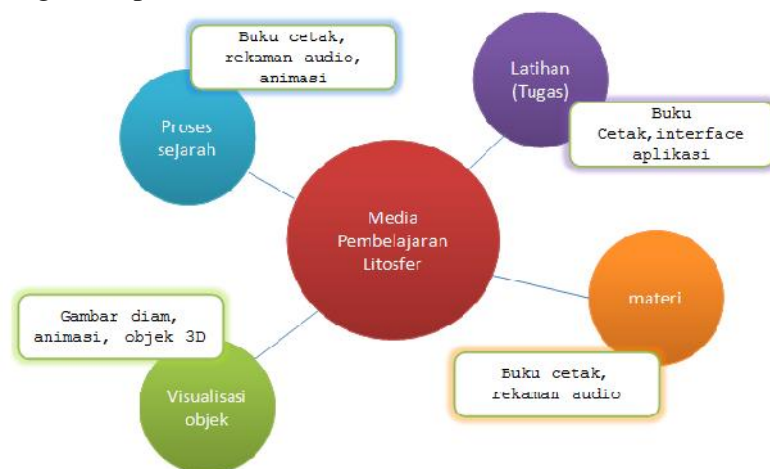
ANALISA DAN PERANCANGAN

Materi pelajaran Litosfer merupakan suatu pembelajaran tentang lapisan-lapisan permukaan bumi. Ada beberapa kendala mengenai bentuk fenomena alam yang dihadapi oleh siswa ketika seorang guru memberikan materi pelajaran geografis Litosfer yang kejadian peristiwanya tidak tampak dan dalam waktu kejadian yang sudah berlalu. Guru menyampaikan materi dengan melihatkan suatu gambar pada buku tentang kejadian peristiwa litosfer yang bersifat *abstrak* dan disampaikan dengan metode ceramah (konvensional).

Dalam penelitian rancang bangun perangkat lunak interaktif untuk media pembelajaran Litosfer berbasis teknologi *Augmented Reality* ini, akan dirancang sebuah aplikasi yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan *interface* sebuah buku dan dapat melihat objek dalam bentuk 3D yang dikemas dengan baik dan menarik untuk siswa.

4.1 Konsep *Augmented Reality* for Litosfer (ARLitosfer)

Kegiatan belajar Litosfer umumnya diberikan oleh seorang guru dengan penyampaian materi pelajaran kepada para siswanya, konten belajar yang disampaikan guru dapat dilihat dari Gambar 4.1



Gambar 4.1 Konten Pembelajaran Litosfer dan media yang digunakan

Dari Gambar 4.1 diatas terlihat beberapa konten belajar yang dapat digunakan seorang guru dalam menyampaikan materi pelajaran Litosfer kepada siswa, seperti pengenalan materi, proses sejarah, latihan dan visualisasi objek, namun semua yang diberikan dalam bentuk media yang terpisah-pisah.

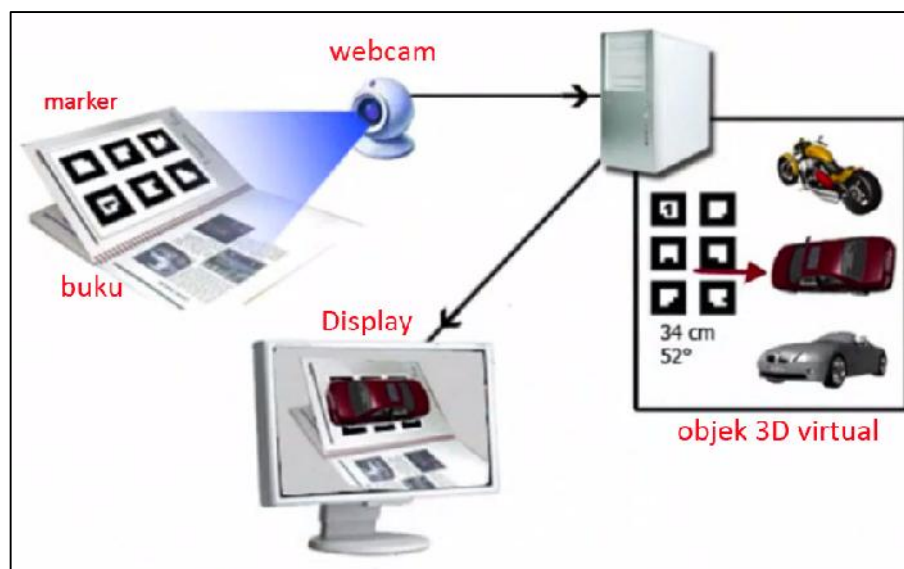
Media pembelajaran Litosfer yang ada sebelumnya hanya dengan metode pembelajaran konvensional, seorang guru menyampaikan materi pembelajaran yang ada didalam buku, sedangkan untuk materi Litosfer itu sendiri ada pelajaran tentang lapisan-lapisan bumi dan juga bencana-bencana yang terjadi akibat pergeseran lapisan bumi yang dalam bentuk *abstrak*. Dengan demikian dikembangkanlah suatu penelitian *Augmented Reality for Litosfer* (ARLitosfer), merupakan penelitian yang mengembangkan aplikasi media pembelajaran Litosfer berupa Buku ARLitosfer.

Pengguna dalam hal ini adalah perorangan atau berkelompok. Untuk menggunakan buku ARLitosfer, pengguna harus melakukan pengaturan perangkat keras/kamera terlebih dahulu kemudian menjalankan *software* ARLitosfer, selain dapat melihat objek 3D pengguna juga dapat membaca dan mendengarkan materi pelajaran tentang litosfer pada aplikasi dan buku ARLitosfer tersebut. Perangkat keras yang dibutuhkan untuk membaca buku litosfer adalah seperangkat komputer dengan spesifikasi tertentu yang sudah di *install software* ARLitosfer.

4.1.1 Buku ARLitosfer

Produk dari ARLitosfer ini adalah sebuah Buku ARLitosfer yang terdiri dari halaman-halaman yang berisi teks dan gambar. Namun karena dikembangkan dengan teknologi *Augmented Reality*, maka pada halaman tertentu ditambahkan *marker*. Fungsi *marker* adalah sebagai penanda sekaligus *interface* yang menghubungkan buku dengan komputer, maka sumber daya yang ada pada komputer dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk menimbulkan *user experience* yang lebih menyenangkan dalam memahami materi yang terdapat pada buku, contohnya alat *display* (monitor) dapat dimanfaatkan untuk menampilkan animasi objek 3 dimensi, perangkat audio (*speaker*) komputer dapat mendengarkan materi tentang objek 3D yang ditampilkan.

Konsep buku ARLitosfer dirancang sama seperti buku biasa yakni berupa halaman-halaman yang berisi teks dan gambar. Kelebihan buku ini adalah dengan menggunakan *Augmented Reality*, maka beberapa media seperti audio, teks, animasi dan objek 3 dimensi dapat digabungkan dalam satu media paket aplikasi ARLitosfer yang terdiri dari buku interaktif *Augmented Reality*, tidak hanya berisi *marker* saja tetapi akan dibuat menyerupai buku cerita agar menimbulkan *user experience* yang lebih menyenangkan dalam membaca teks yang ada dan ilustrasi (gambar) yang menarik seperti pada Gambar 4.2 dibawah ini:



Gambar. 4.2 Skema Pemodelan aplikasi ARLitosfer

4.1.2 Tujuan Buku ARLitosfer

Secara umum tujuan dari Buku ARLitosfer ini adalah menjadi salah satu solusi untuk media pembelajaran litosfer yang interaktif. Dengan adanya aspek objek 3D tersebut pengguna memiliki pengalaman tersendiri dibandingkan dengan pengajaran yang diberikan oleh guru dengan metode konvensional yang materinya adalah *abstrak*. Interaksi yang disediakan oleh Buku ARLitosfer merupakan interaksi yang biasa dilakukan pada sebuah buku, sehingga pengguna tidak terlalu sulit mempelajari cara penggunaanya. Dengan teknologi *augmented reality* pengguna dapat melihat objek-objek *virtual* 3D diatas halaman buku seolah objek nyata. Selain itu pengguna juga dapat melihat objek tersebut dari sudut pandang manapun.

4.2 Perancangan

Perancangan dilakukan untuk membuat rincian perangkat lunak yang merupakan hasil dari analisa menjadi bentuk perancangan agar dipahami oleh pengguna. Tahap perancangan menggunakan *design* berbasis multimedia dengan *storyboard* yang menggambarkan tampilan dari tiap *scene*, perancangan antarmuka, *flowchart*, perancangan *marker* dan perancangan buku ARLitosfer.

4.2.1 Perancangan *Storyboard*

Perancangan *storyboard* adalah salah satu cara alternatif untuk menggabungkan narasi dan visual. Komponen yang harus ada pada *storyboard* meliputi urutan tampilan, teks tampilan, gambar/*image*, *link*/tata letak desain tampilan. Pertama-tama dibuat *storyboard* untuk halaman awal yang merupakan awal penggunaan sistem oleh pengguna, kemudian *storyboard* untuk *scene* berikutnya yaitu halaman tempat menu diseluruh topik yang akan ditampilkan.

1. *Scene 1* – Tampilan awal
2. *Scene 2* – Petunjuk Penggunaan
3. *Scene 2.1* – Petunjuk Penggunaan dengan video
4. *Scene 3* – Menu Utama
5. *Scene 4* – Objek 3D
6. *Scene 5* – Materi
7. *Scene 5.1* – Materi Bumi
8. *Scene 5.2* – Materi Litosfer
9. *Scene 5.3* – Materi Batu-batuan
10. *Scene 5.4* – Materi Relief Daratan
11. *Scene 5.5* – Materi Relief Lautan
12. *Scene 5.6* – Materi Tenaga Endogen
13. *Scene 5.7* – Materi Tenaga Eksogen
14. *Scene 6* – Latihan (Evaluasi)
15. *Scene 6.1* – soal 1
16. *Scene 6.2* – soal 2
17. *Scene 6.3* – soal 3

18. *Scene 6.4* – soal 4
19. *Scene 6.5* – soal 5
20. *Scene 6.6* – soal 6
21. *Scene 6.7* – soal 7
22. *Scene 6.8* – soal 8
23. *Scene 6.9* – soal 9
24. *Scene 6.10* – soal 10
25. *Scene 6.11* – Hasil Latihan

Tabel 4.1 *Storyboard* perangkat lunak interaktif untuk media pembelajaran litosfer berbasis teknologi *Augmented Reality*

SCENE	TEKS	IMAGE	ANIMASI	LINK	KET
1 Tampilan Awal	Ucapan selamat datang pada media pembelajaran interaktif. ARLitosfer	Planet bumi	Welcome, media pembelajaran interaktif, ARLitosfer, Tombol navigasi	Scene <u>2</u>	
2 Petunjuk	Media pembelajaran Litosfer	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>2.1</u>	
2.1 Petunjuk Penggunaan dengan video	Media pembelajaran Litosfer	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>3</u>	
3 Menu Utama	Media pembelajaran Litosfer	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi, <i>Augmented Reality</i> Litosfer	Scene <u>4</u>	
4 Objek 3D	Objek 3D ARLitosfer berbasis <i>Augmented Reality</i>	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
5 Materi	Materi Pelajaran Litosfer	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>5.1</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
5.1 Materi Bumi	Materi Pelajaran Litosfer, bumi	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>5.2</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
5.2 Materi Litosfer	Materi Pelajaran Litosfer, Litosfer pada bumi	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>5.1</u> , <u>5.3</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
5.3 Materi Batu-batuan	Materi Pelajaran Litosfer, batu-batuan pada bumi	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>5.2</u> , <u>5.4</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama

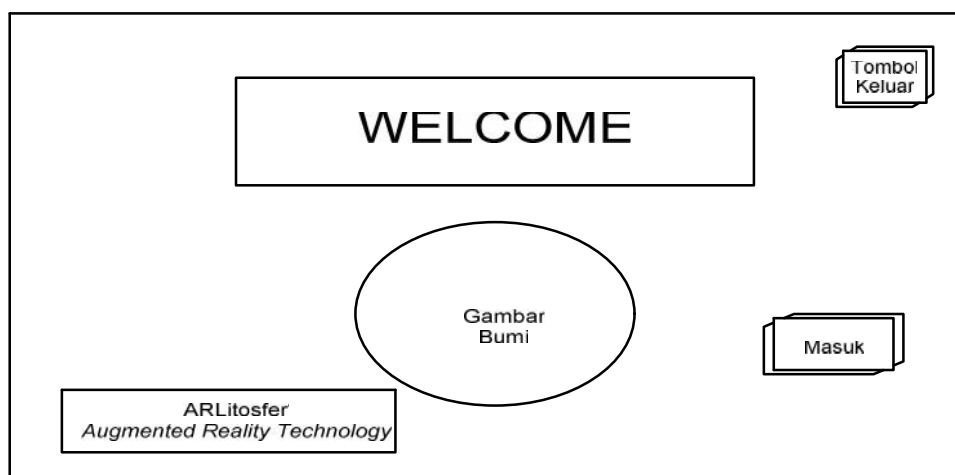
5.4 Materi Relief Daratan	Materi Pelajaran Litosfer, Relief daratan pada bumi	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>5.3</u> , <u>5.5</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
5.5 Materi Relief Lautan	Materi Pelajaran Litosfer, Relief Lautan pada bumi	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>5.4</u> , <u>5.6</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
5.6 Materi Tenaga Endogen	Materi Pelajaran Litosfer, tenaga <i>endogen</i>	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>5.5</u> , <u>5.7</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
5.7 Materi Tenaga Eksogen	Materi Pelajaran Litosfer, tenaga <i>endogen</i>	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>5</u> , <u>5.6</u> , <u>6</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6 Latihan (Evaluasi)	Latihan, penjelasan latihan	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.1</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.1 Soal 1	Soal latihan 1	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.2</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.2 Soal 2	Soal latihan 2	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.3</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.3 Soal 3	Soal latihan 3	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.4</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.4 Soal 4	Soal latihan 4	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.5</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.5 Soal 5	Soal latihan 5	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.6</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.6 Soal 6	Soal latihan 6	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.7</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.7 Soal 7	Soal latihan 7	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.8</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.8 Soal 8	Soal latihan 8	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.9</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.9 Soal 9	Soal latihan 9	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.10</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama

6.10 Soal 10	Soal latihan 10	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>6.11</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama
6.11 Hasil Evaluasi	Hasil Evaluasi, terima kasih , rajinlah belajar semoga diredhoi Allah	Planet Bumi, jagat raya	Tombol navigasi	Scene <u>6</u> , <u>3</u>	Scene <u>3</u> adalah menu utama

4.2.2 Perancangan *Interface* (Antarmuka)

Interface perangkat lunak adalah sarana pengembangan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat komunikasi yang lebih mudah. Pada perangkat lunak ini dirancang antarmuka sebagai berikut:

1. *Interface Welcome*



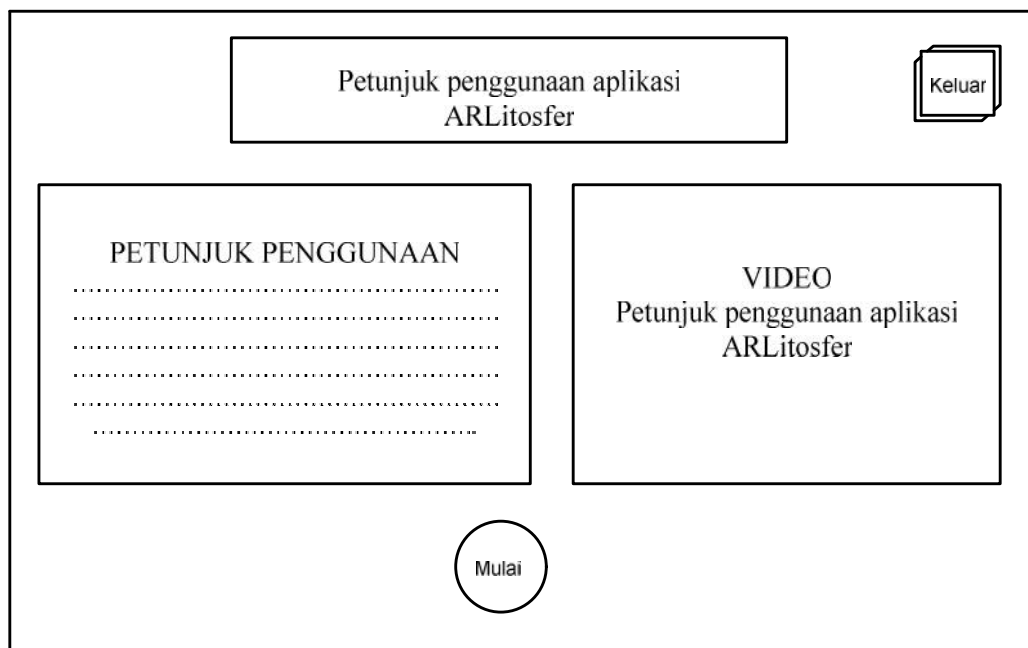
Gambar 4.3 Rancangan Tampilan Awal (Selamat Datang)

Keterangan:

- Materi Tampilan : Tampilan utama aplikasi Media Pembelajaran Litosfer Berbasis Teknologi *Augmented Reality*
- Deskripsi : Berisi judul dari aplikasi pembelajaran
- Backsound : *POL-land-of-peace-short.mp3*
- Judul : Rekaman suara *welcome*
- Tipe audio : MP3
- Durasi Waktu : 00:00:12

Pada perancangan *interface* halaman awal dari aplikasi ARLitosfer didesain dalam bentuk warna biru ditambah dengan warna orange dan putih, ada beberapa animasi tulisan yang ditambahkan yaitu media pembelajaran interaktif, *welcome*, *augmented reality technology* dan tombol *play* petunjuk.

2. *Interface* Petunjuk Penggunaan



Gambar 4.4 Rancangan Tampilan Petunjuk Penggunaan

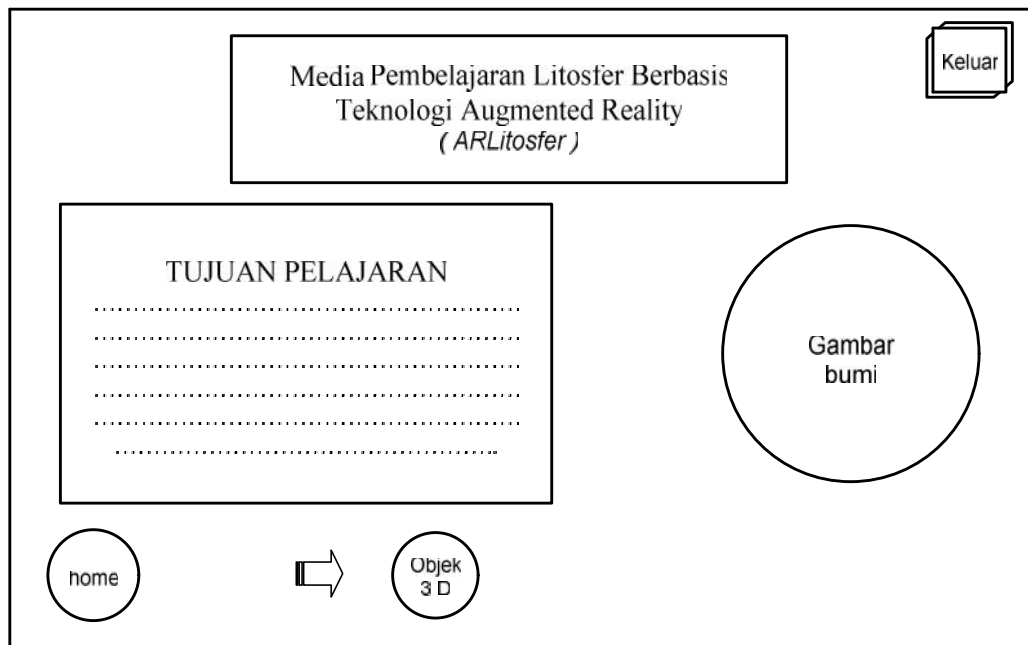
Keterangan:

Materi Tampilan	: Menu Petunjuk penggunaan aplikasi ARLitosfer Berbasis Teknologi <i>Augmented Reality</i>
Deskripsi	: Berisi petunjuk penggunaan aplikasi
Background	: <i>POL-green-tea-short.mp3</i>
Judul	: Instrument
Tipe audio	: MP3
Durasi Waktu	: 00:00:12

Pada petunjuk penggunaan terdapat langkah-langkah penggunaan aplikasi ARLitosfer ini, petunjuk penggunaan diberikan diawal agar sebelum pengguna menggunakan aplikasi ini dapat memahami langkah-langkah penggunaan aplikasi ARLitosfer terlebih dahulu.

Pada halaman petunjuk penggunaan juga terdapat sebuah video panduan untuk dapat dilihat oleh pengguna agar lebih paham sebelum menggunakan aplikasi ARLitosfer. Video panduan tersebut berdurasi 09.35 detik.

3. *Interface* Petunjuk Penggunaan



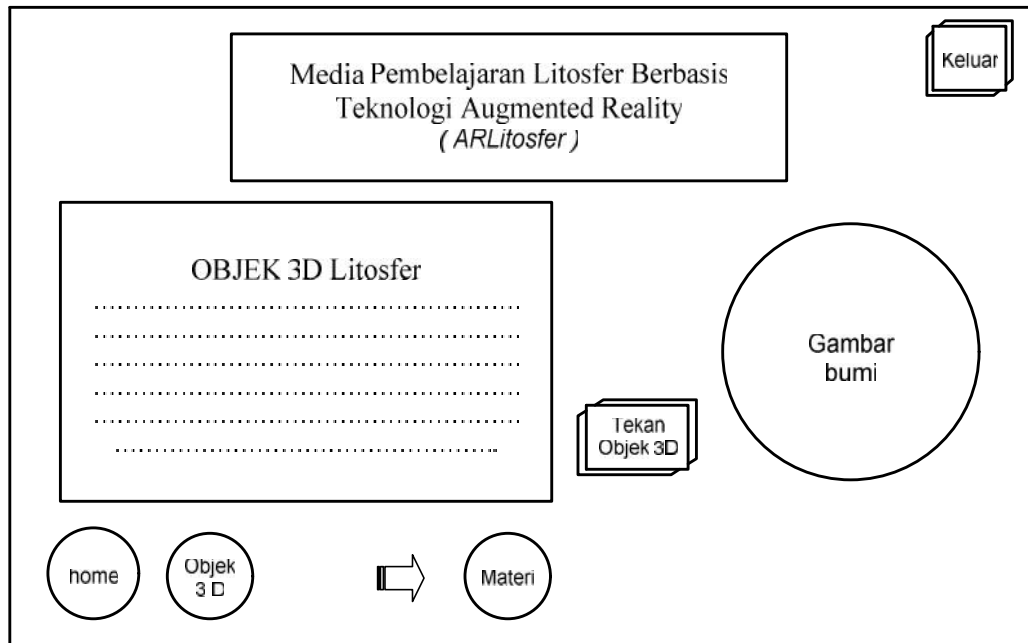
Gambar 4.5 Rancangan Tampilan Menu Utama

Keterangan:

Materi Tampilan	: Menu awal aplikasi Media Pembelajaran Litosfer Berbasis Teknologi <i>Augmented Reality</i>
Deskripsi	: Berisi tombol menu yang akan digunakan selanjutnya
<i>Backsound</i>	: <i>POL-green-tea-short.mp3</i>
Judul	: Instrument
Tipe audio	: MP3
Durasi Waktu	: 00:00:17

Pada menu utama terdapat tujuan dari media pembelajaran ARLitosfer, kemudian ditambahkan dengan tombol objek 3D untuk masuk pada halaman objek 3D litosfer. Setiap halaman memiliki *sound* materi objek yang berisi narasi halaman aplikasi.

4. *Interface* Objek 3D



Gambar 4.6 Rancangan Tampilan Menu Objek 3D

Keterangan:

Materi Tampilan : Menu objek 3D aplikasi Media Pembelajaran Litosfer Berbasis Teknologi *Augmented Reality*

Deskripsi : Berisi tombol aplikasi untuk melihat objek 3D

Backsound : *POL-green-tea-short.mp3*

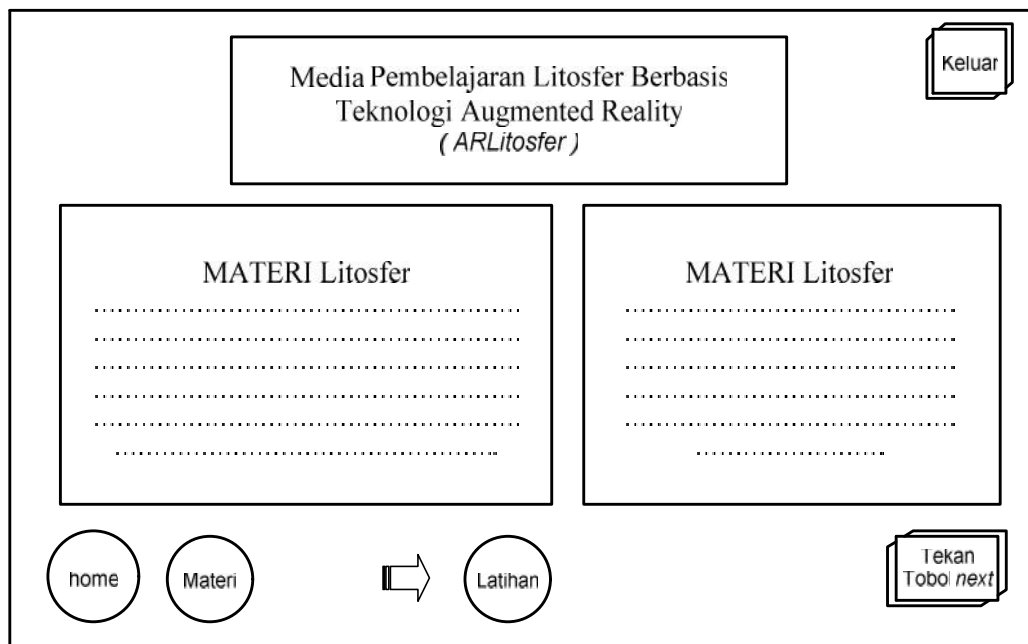
Judul : Instrument

Tipe audio : MP3

Durasi Waktu : 00:00:12

Pada halaman objek 3D sebelum dapat melihat objek 3D maka pengguna terlebih dahulu membaca petunjuk untuk cara penggunaan dalam melihat objek 3D litosfer.

5. Interface Materi Litosfer



Gambar 4.7 Rancangan Tampilan Menu Materi

Keterangan:

Materi Tampilan : Menu objek 3D aplikasi Media Pembelajaran Litosfer Berbasis Teknologi *Augmented Reality*

Deskripsi : Berisi materi-materi tambahan tentang litosfer

Background : *POL-green-tea-short.mp3*

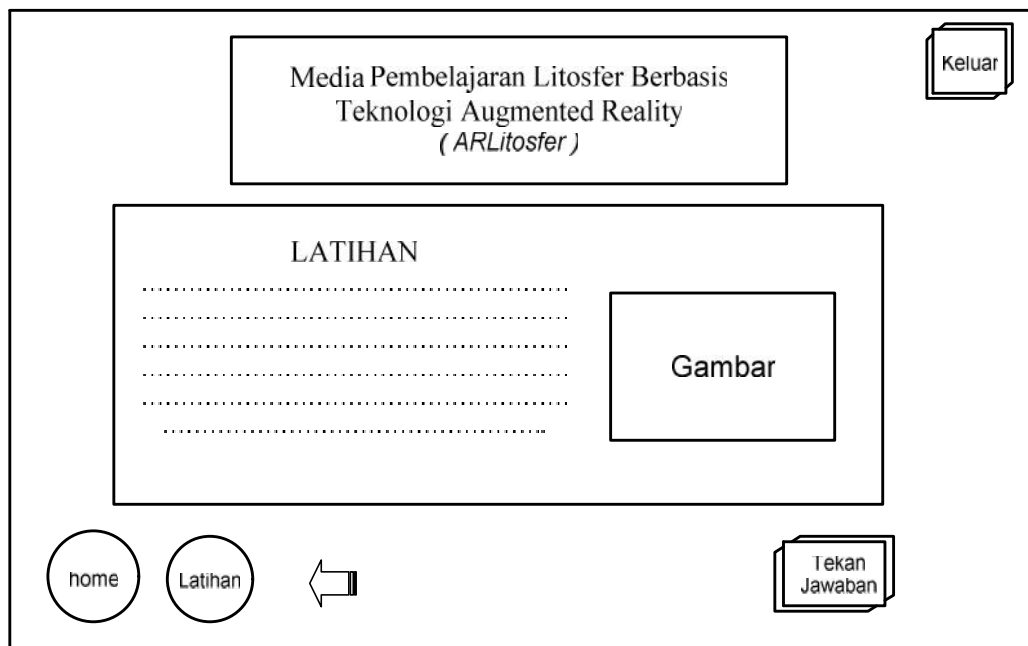
Judul : Instrument

Tipe audio : MP3

Durasi Waktu : 00:00:17

Pada halaman materi terdapat 7 materi tambahan tentang litosfer, semua materi disajikan dalam bentuk *text* dan *sound* materi, pengguna dapat membaca dan mendengarkan setiap materi yang diberikan.

6. *Interface* Latihan



Gambar 4.8 Rancangan Tampilan Menu Latihan

Keterangan:

Materi Tampilan : Menu objek 3D aplikasi Media Pembelajaran Litosfer Berbasis Teknologi *Augmented Reality*

Deskripsi : Berisi soal-soal latihan

Background : *POL-land-of-peace-short.mp3*

Judul : Instrument

Tipe audio : MP3

Durasi Waktu : 00:00:17

Pada halaman tampilan latihan adalah tempat untuk melakukan evaluasi setelah pengguna melihat, membaca dan mendengarkan materi tentang litosfer. Terdapat 10 soal yang dapat dijawab dengan 5 pilihan jawaban.

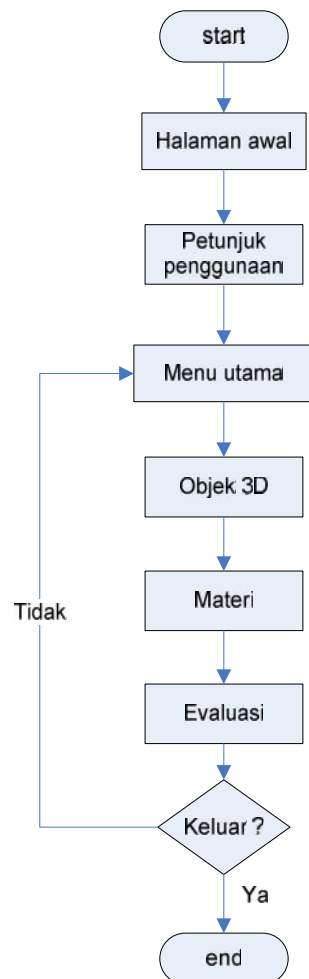
Setelah semua soal dijawab oleh pengguna, maka pengguna dapat melihat hasil dari evaluasi yang dilakukan pengguna langsung.

4.2.3 Perancangan *Flowchart* aplikasi

Flowchart atau diagram alir adalah gambaran yang menampilkan struktur, urutan kegiatan dari suatu program dari awal sampai akhir dan isi halaman per

halaman. Dengan adanya *flowchart* akan sangat membantu untuk memvisualisasikan isi dari setiap halaman aplikasi tersebut.

Berikut ini adalah *flowchart* untuk aplikasi media pembelajaran interaktif berbasis teknologi *augmented reality*:



Gambar. 4.9 *Flowchart* penggunaan Aplikasi ARLitosfer

Dari gambar 4.9 diatas dapat dijelaskan bahwa untuk *flowchart* pada penggunaan aplikasi ARLitosfer berjalan sebagai berikut:

1. Saat memulai sistem, pengguna akan diberikan tampilan halaman awal dengan animasi *welcome*. Untuk tahap selanjutnya adalah menekan tombol masuk.
2. Setelah tombol masuk ditekan pada halaman awal, maka masuk pada halaman petunjuk penggunaan, dihalaman ini pengguna dapat membaca dan melihat

cara penggunaan dan informasi mengenai menu-menu aplikasi ARLitosfer. Selain itu juga diberikan video tutorial penggunaan aplikasi ARLitosfer ini agar pengguna lebih faham dan mudah untuk menggunakannya.

3. Ketika sudah selesai membaca petunjuk penggunaan, maka tekanlah tombol mulai untuk masuk pada halaman menu utama aplikasi ARLitosfer.
4. Selanjutnya pengguna silahkan menekan tombol objek 3D, maka pengguna akan masuk pada aplikasi objek 3D, dan dapat melihat objek 3D tentang ARLitosfer.
5. Jika telah selesai maka pengguna dapat memilih tombol materi untuk melihat materi tambahan tentang litosfer pada aplikasi.
6. Setelah selesai membaca materi, maka pengguna dapat memilih tombol latihan untuk dapat menjawab soal-soal sebagai evaluasi belajar dari aplikasi ARLitosfer.
7. Setelah menjalini beberapa deretan langkah-langkah penggunaan aplikasi ARLitosfer ini dari mulai membaca petunjuk penggunaan sampai pada evaluasi, maka telah selesai menggunakan aplikasi ARLitosfer.
8. Tahap selanjutnya pengguna dapat kembali ke halaman utama atau menutup aplikasi ARLitosfer ini.

4.2.4 Perancangan *Marker*

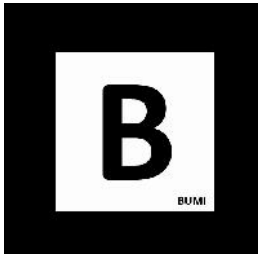




Marker merupakan bagian yang sangat penting. Perancangan *marker* tidak boleh dilakukan sembarangan, ada aturan yang harus dipenuhi dalam merancang sebuah *marker*. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan *marker*, yaitu:




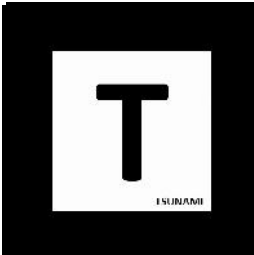

1. Dalam kasus ini *marker* harus berwarna hitam agar lebih mempermudah dalam proses perhitungan pendeteksian *marker* dan *render* objek.
2. *Marker* yang digunakan harus berbentuk segi empat.
3. Ukuran *marker* akan berpengaruh terhadap objek yang akan ditampilkan.
4. Ketebalan *marker* juga sangat diperhatikan dalam membuat sebuah *marker*.

Tebal *marker* disarankan minimal 25% dari panjang garis tepi *marker*.

Beberapa *marker* yang digunakan untuk menjalankan ARLitosfer ini adalah:

Tabel. 4.2 Gambar *marker* ARLitosfer

No	Gambar	Kegunaan <i>Marker</i>
1		<i>Marker</i> untuk objek 3D bumi
2		<i>Marker</i> untuk objek 3D Litosfer
3		<i>Marker</i> untuk objek 3D <i>Orogenesa</i>
4		<i>Marker</i> untuk objek 3D <i>Epirognesa</i> positif
5		<i>Marker</i> untuk objek 3D <i>Epirognesa</i> negatif

6		<i>Marker untuk objek 3D gempa</i>
7		<i>Marker untuk objek 3D seismograf</i>
8		<i>Marker untuk objek 3D volcano</i>
9		<i>Marker untuk objek 3D tsunami</i>
10		<i>Marker untuk objek 3D animasi welcome AR</i> Litosfer

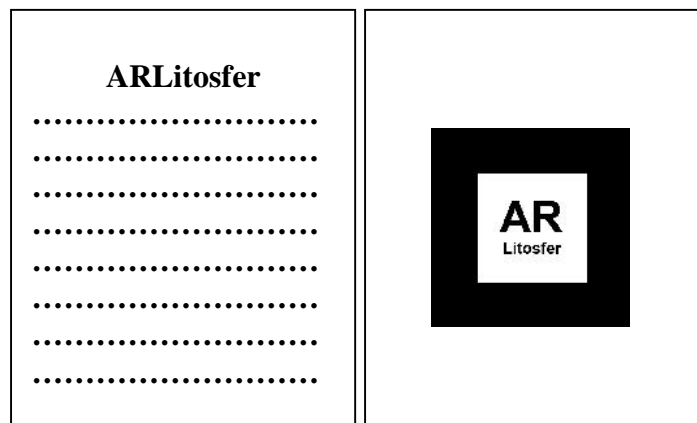
Pada *marker* ARLitosfer ini digunakan sebanyak 10 *marker* yang terdiri dari 10 *marker* objek yang memiliki ukuran 8 cm x 8 cm. seluruh marker berada pada halaman buku ARLitosfer.

4.2.5 Perancangan Antar Muka Buku ARLitosfer

Tahap perancangan Buku ARLitosfer merupakan suatu tahapan yang sangat penting. Desain yang dibuat berupa *magicbook* yang mudah untuk digunakan oleh pengguna, serta informasi yang dihasilkan program yang sudah dibuat dapat dimengerti oleh pengguna. Perancangan Buku ARLitosfer bertujuan untuk memberikan gambaran posisi *marker* yang dibuat. Objek animasi tiga dimensi merupakan objek yang akan ditampilkan diatas *Marker* yang dapat dilihat oleh pengguna dengan bantuan *webcam*. Pengguna dapat melihat dari berbagai sudut pandang dengan syarat *Marker* yang ada pada *magicbook* harus terdeteksi oleh *webcam*. Selain itu deskripsi objek dapat dilihat pada halaman *magicbook* agar pengguna dapat lebih memahami objek yang ditampilkan.

Spesifikasi Buku ARLitosfer yang dirancang yaitu:

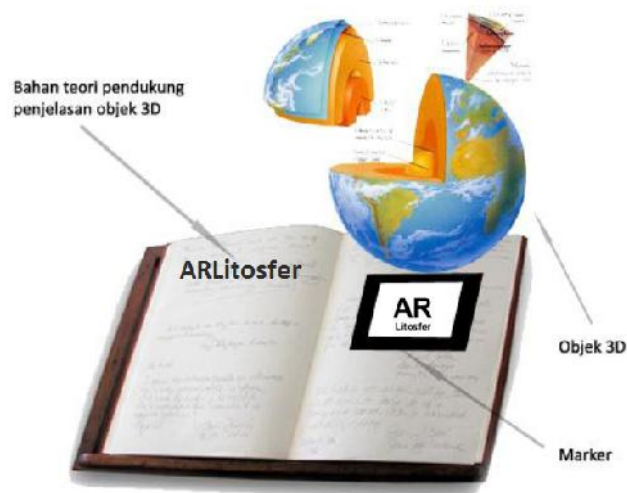
Nama	: Buku ARLitosfer
Ukuran	: 8.27 x 11.69 cm
Tebal	: 20 Halaman + cover
Jumlah <i>Marker</i>	: 10 <i>Marker</i>
Warna <i>Cover</i>	: Biru gradasi + <i>background</i>
Posisi <i>Marker</i>	: Tengah



Gambar 4.10 Halaman Buku yang terdapat sebuah *marker*

Pada Gambar 4.11 adalah bentuk rancangan buku pada aplikasi ARLitosfer, setiap halaman hanya memiliki satu *marker* dan halaman disampingnya adalah penjelasan dari *marker* tersebut.

Pada penempatan *marker* ada beberapa posisi yang digunakan pada halaman Buku ARLitosfer, posisi yang paling utama adalah ditengah halaman Buku ARLitosfer kemudian pada posisi atas dan bawah. Pada posisi tengah *marker* memberikan objek 3D yang seimbang antara kiri dan kanan, untuk melihat objek lebih jelas maka dapat melakukan gerakan pada Buku ARLitosfer dengan cara memutar ke kiri atau ke kanan dan juga dapat mengangkat buku keatas mendekat kearah *webcam* untuk melihat objek menjadi lebih besar lagi.



Gambar 4.11 Rancangan hasil akhir Buku ARLitosfer

Gambar 4.11 adalah rancangan bentuk hasil akhir dari aplikasi ARLitosfer, objek 3D akan terlihat berada diatas *marker* karena kamera sudah mendeteksi *marker* objek, maka objek 3D akan muncul beserta animasinya.

4.3 *Material Collecting*

Material collecting atau pengumpulan bahan dapat dikerjakan paralel dengan tahap *assembly*. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan bahan seperti *text*, *image*, *sound* yang diperlukan untuk tahap selanjutnya. Bahan yang diperlukan dalam multimedia dapat diperoleh dari sumber-sumber seperti *library*, bahan yang sudah ada pada pihak lain atau pembuatan khusus yang dilakukan oleh pihak lain. Pada *material collecting* ini akan dikumpulkan semua materi yang berhubungan untuk perancangan aplikasi ARLitosfer berupa *sound*, *text* dan gambar untuk animasi yang digunakan.

4.3.1 Analisa Data Teks

Untuk tipe Teks yang digunakan pada perangkat lunak media pembelajaran litosfer berbasis *Augmented Reality* ini bermacam-macam, dimaksudkan agar tampilan dari aplikasi isi lebih menarik dan indah sesuai dengan interaksi manusia dan komputer (IMK). Pada aplikasi pembelajaran ini digunakan beberapa jenis huruf yang terdiri dari:

1. *Cambria*, digunakan pada teks ucapan selamat datang untuk pengguna. Jenis huruf ini digunakan karena jelas dibaca dan cocok untuk dijadikan judul, dengan ukuran huruf 80 pt.
2. *Comic Sans MS*, digunakan pada teks *Augmented Reality* Litosfer (ARLitosfer), teks penjelasan di menu informasi aplikasi dan teks untuk tiap penjelasan materi dan untuk menu-menu pilihan yang terdapat pada aplikasi. Jenis huruf ini digunakan agar siswa tertarik untuk membaca dan huruf ini juga jelas dibaca sehingga cocok untuk digunakan pada teks tersebut, dengan ukuran huruf 25 pt.
3. *Snap ITC*, digunakan pada teks tombol diantaranya tombol **masuk**, tombol **keluar**, kembali yang ada di menu utama ARLitosfer, dengan ukuran huruf 25 pt.
4. *Andalus*, digunakan pada teks penjelasan dari materi yang ada di buku litosfer. Jenis huruf ini digunakan karena jelas dibaca, dengan ukuran huruf 20 pt.
5. *Agency FB*, digunakan pada judul-judul yang ada di buku Litosfer. Jenis huruf ini digunakan karena jelas dibaca dan bisa disesuaikan dengan kapasitas dari tempat peletakan di Buku ARLitosfer, dengan ukuran huruf 40 pt dan juga 30 pt.

4.3.2 Analisa Data gambar

Untuk gambar yang ditampilkan pada perangkat lunak media pembelajaran litosfer berbasis *Augmented Reality* ini berupa gambar-gambar *texture* dan juga gambar-gambar yang lebih kepada bentuk permukaan bumi, ditambah lagi gambar yang digunakan untuk Buku ARLitosfer agar tampilan buku lebih menarik dan

indah. Pada aplikasi pembelajaran ini digunakan beberapa jenis tipe gambar yang terdiri dari:

1. Tipe JPG/JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

Tipe gambar ini digunakan pada gambar *texture* dari sebuah permukaan bumi dan gambar-gambar yang menjadi gambar latar dari Buku ARLitosfer.

2. Tipe PNG (*Portable Network Graphics*)

Tipe gambar ini digunakan ketika dalam mendisain tampilan utama dan juga tampilan Buku ARLitosfer. Proses penggabungan tiap gambar menjadi lebih mudah dan menghasilkan tampilan yang lebih baik.

4.3.3 Pemakaian *Button*

Pemakaian *button* yang disesuaikan berfungsi untuk membantu pengguna menuju menu yang diinginkan. Pada aplikasi pembelajaran ini digunakan beberapa jenis tombol *button* yang terdiri dari:

1. *Button Rounded Double Green*. Pemakaian *button* ini terdapat pada halaman aplikasi seperti *close* dan *enter* masuk latihan.
2. *Button Playback Gel Right*. Pemakaian *button* ini terdapat pada halaman materi ARLitosfer yang digunakan sebagai tombol untuk menuju halaman setiap materi-materi.
3. *Button Playback Rounded Grey Play*. Pemakaian *button* ini terdapat pada halaman petunjuk penggunaan yang digunakan sebagai tombol untuk melihat video petunjuk penggunaan.
4. *Button Circle Flat Grey*. Pemakaian *button* ini terdapat pada halaman awal untuk masuk pada aplikasi.

4.3.4 Analisa *Sound*

Suara merupakan salah satu media yang digunakan dalam aplikasi pembelajaran. Media suara digunakan dengan dua tujuan yaitu sebagai *background* aplikasi pembelajaran dan memberi penjelasan mengenai materi yang disampaikan. Suara yang digunakan yaitu yang berhubungan dengan animasi dan simulasi dalam proses tampilan 3D dari suatu objek, maka penjelasan dari objek

tadi akan dapat kita dengarkan melalui *sound* yang ada. Pada aplikasi pembelajaran ini digunakan beberapa jenis suara yang terdiri dari:

1. Suara Materi pelajaran dengan format .WAV yang sudah direkam terlebih dahulu dan sesuai dengan materi dari masing-masing objek 3D. Proses perekaman materi menggunakan aplikasi *Cool Edit Pro. 2.1*
2. Suara musik instrumental (*background*), dengan format .MP3, musik ini digunakan pada halaman utama dan juga halaman pada penjelasan tentang penggunaan perangkat lunak media pembelajaran Litosfer berbasis *Augmented Reality*.

4.3.5 Data animasi

Animasi merupakan penggabungan beberapa media gambar secara berurutan yang menghasilkan sebuah gerakan (*motion*). Animasi yang digunakan pada perangkat lunak media pembelajaran litosfer berbasis *Augmented Reality* ini yaitu animasi teks, tombol dan objek 3D, agar membuat tampilan dari aplikasi ini menarik.

4.3.6 Analisa Skenario Interaksi untuk Buku ARLitosfer

Interaksi yang dikembangkan dalam ARLitosfer ini meliputi, *viewpoint control*, *event generation*. Buku ARLitosfer merupakan buku yang menjadi antarmuka ARLitosfer yang dikembangkan. Dengan demikian interaksi yang dikembangkan harus selaras dengan interaksi yang biasa dilakukan pada sebuah buku pelajaran. Dalam kehidupan sehari-hari orang biasanya membaca buku dengan membuka setiap halamannya, jika ada bagian dari buku yang dianggap penting, maka seseorang akan memberikan tanda seperti garis bawah, memberi warna dengan spidol atau bahkan menandainya dengan *post-it*.

Secara sederhana *viewpoint control* dalam lingkungan *Augmented Reality* adalah melihat objek *virtual* berdasarkan sudut pandang pengguna. Karena lingkungan ARLitosfer didasarkan pada lingkungan nyata. Konsep *viewpoint control* yang mungkin dikembangkan berdasarkan pada pertimbangan ketersediaan perangkat dan penggunaanya. Penggunaan Buku ARLitosfer dapat dibagi menjadi perorangan atau dengan berkelompok yang dibantu/bimbing oleh guru.

BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Pada tahapan selanjutnya, setelah melakukan pengembangan pada analisa dan perancangan, maka tahap pengembangan multimedia selanjutnya adalah implementasi dan pengujian.

5.1 Implementasi (*Assembly*)

Tahap *assembly* merupakan tahap seluruh objek multimedia dibuat dan perangkat lunak siap dioperasikan pada keadaan yang sebenarnya sehingga akan diketahui apakah perangkat lunak litosfer yang dibuat telah menghasilkan tujuan yang diinginkan. Pembuatan perangkat lunak berdasarkan *storyboard*, dan struktur *navigasi* yang berasal dari tahap perancangan. Perangkat lunak pembelajaran litosfer berbasis teknologi *augmented reality* ini dibangun menggunakan *library ArToolkit*, *Software Adobe Flash CS4* dan *software modeling 3DS Max* untuk pembuatan objek dan animasi 3D.

5.1.1 Batasan Implementasi

Batasan implementasinya adalah:

1. Menggunakan *Adobe Flash CS4* dalam pembuatan *interface* aplikasi
2. *Augmented Reality ArToolkit 2.72* sebagai *Library* aplikasi ARLitosfer
3. Perangkat lunak pembelajaran litosfer ini digunakan oleh pengguna sebagai salah satu media dalam memahami proses belajar mengajar tentang materi litosfer yang bersifat *abstrak*. Pengguna yang akan menggunakan perangkat lunak pembelajaran ini yaitu guru dan siswa SMA kelas X.
4. Soal-soal latihan disesuaikan dengan materi tentang litosfer yang sesuai dengan kurikulum Kemendiknas.

5.1.2 Tujuan Implementasi

Tujuan penyusunan implementasi ini adalah membangun suatu perangkat lunak pembelajaran multimedia interaktif berbasis teknologi *Augmented Reality* untuk memberikan solusi alternatif dalam proses pemahaman terhadap pembelajaran geografis litosfer terhadap siswa-siswi Sekolah Menengah Atas Kelas X berdasarkan analisa dan perancangan pada bab sebelumnya.

5.1.3 Lingkungan Implementasi

Lingkungan implementasi ada dua lingkungan yaitu lingkungan perangkat keras dan lingkungan perangkat lunak.

a. Lingkungan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan pada tahap implementasi mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. *Processor* Intel Dual-Core
2. *Memory* 2.5 GB
3. *Hard Disk* 100 GB.
4. *VGA Intel* 358MB
5. *Marker objek* dan *sound*
6. Buku ARLitosfer
7. *Kamera External M – Tech 5.0M Pixel*
8. *Sound speaker MS-582 3D sound speaker MULTI-MEDIA*

b. Lingkungan Perangkat Lunak

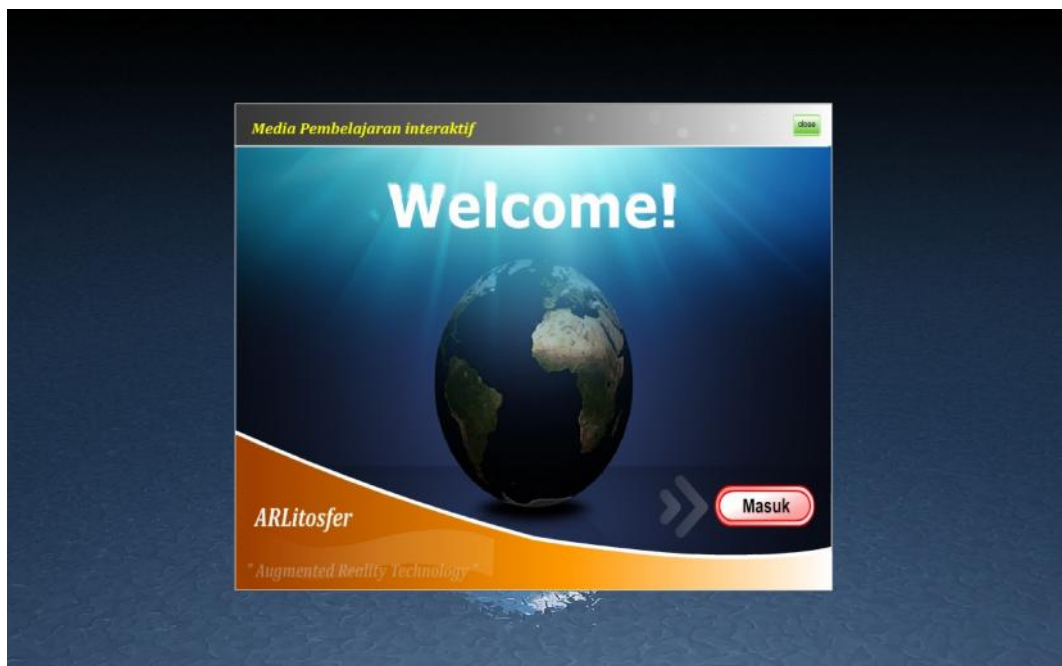
Perangkat lunak yang digunakan pada tahap implementasi mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Sistem Operasi: *Microsoft Windows 7*
2. *Adobe Flash CS4*
3. *Cool Edit Pro 2.1*
4. *Adobe Photoshop CS3*
5. *ArToolkit 2.72*
6. *Autodesk 3DS Max 2012*

5.2 Hasil Implementasi

Pada media pembelajaran litosfer ini menghasilkan antarmuka multimedia seperti penjelasan dibawah ini:

Tampilan awal media pembelajaran ini berupa ucapan selamat datang memasuki media pembelajaran interaktif Litosfer.



Gambar 5.1 Tampilan Animasi Menu Awal (Selamat Datang)

Pada tampilan awal, terdapat 2 tombol yaitu tombol masuk dan tombol keluar. Tombol masuk digunakan untuk masuk kedalam menu-menu yang telah disediakan. Tombol keluar digunakan untuk keluar dari aplikasi. Menu ini menggunakan instrumen *POL-land-of-peace-short.mp3* dan diselingi dengan ucapan selamat datang.

Pada halaman ini juga terdapat beberapa animasi, yaitu pada kalimat media pembelajaran interaktif, *Welcome* dan *Augmented Reality Technology*. Untuk tombol **masuk** dan **keluar** juga terdapat animasi, semua itu diberikan agar tampilan dari halaman menu awal ini tampak lebih menarik.

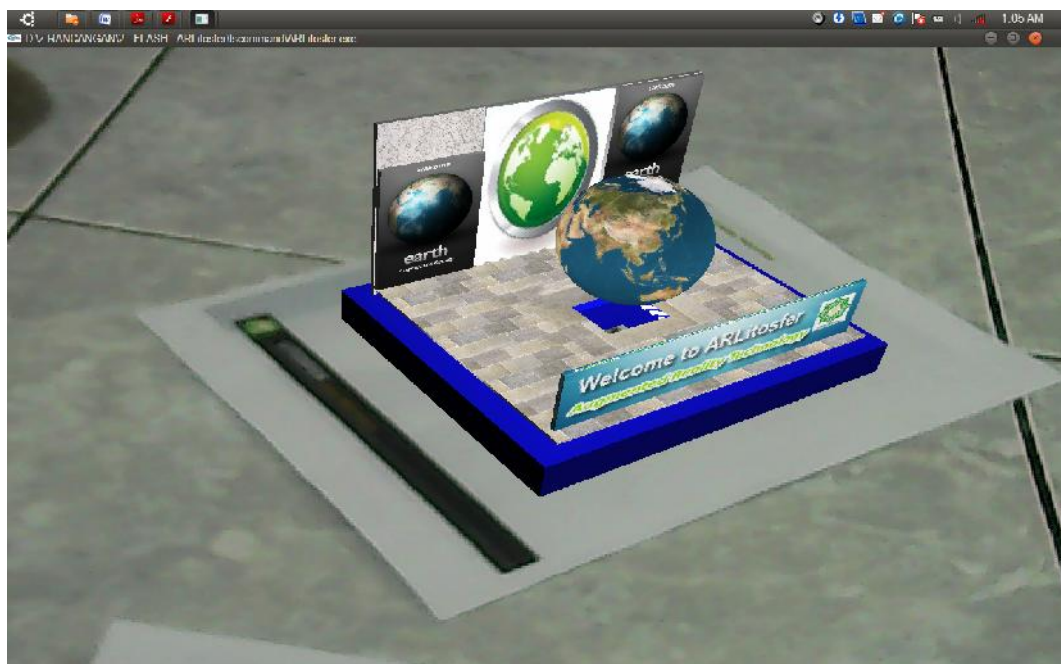


Gambar 5.2 Tampilan Petunjuk penggunaan Aplikasi ARLitosfer



Gambar 5.3 Tampilan Animasi halaman utama Aplikasi ARLitosfer

Pada Gambar 5.2 diatas adalah Gambar yang menunjuk kan salah satu contoh materi yang juga terdapat di ARLitosfer, hal ini dapat membantu dalam penguasaan materi tambahan. Gambar 5.3 diatas berfungsi untuk menampilkan menu-menu yang disediakan dihalaman utama. Masing-masing menu terdapat tombol untuk masuk kedalam apilkasi. Pada menu ini, musik yang digunakan adalah instrumental *POL-green-tea-short.mp3* sebagai *background* musik dan diselingi penjelasan suara setiap menu.



Gambar 5.4 Tampilan Objek 3D *Welcome ARLitosfer*

5.3 *Testing (Pengujian)*

Setelah perangkat lunak pembelajaran multimedia ini selesai, tahap selanjutnya adalah pengujian terhadap perangkat lunak tersebut. Pengujian yang dilakukan yaitu:

1. Pengujian dengan menggunakan *Blackbox*
2. Pengujian aplikasi yang telah siap digunakan dan juga pengujian kondisi – kondisi yang terjadi jika perangkat ajar dijalankan atau dicoba dengan beberapa komputer dan alat kamera yang lain.

5.3.1 Pengujian menggunakan *Blackbox*

Pengujian *blackbox* berfokus kepada pengujian dengan melihat fungsi-fungsi yang ada dalam program tanpa harus mengetahui bagaimana fungsi tersebut dibuat programnya.

Pada media pembelajaran interaktif berbasis teknologi *augmented reality* ini, pengujian merujuk pada fungsi-fungsi yang dimiliki sistem, kemudian membandingkan hasil keluaran program dengan hasil yang diharapkan. Bila hasil yang diharapkan sesuai dengan hasil pengujian, hal ini berarti perangkat lunak sesuai dengan desain yang telah ditentukan sebelumnya. Bila belum sesuai maka perlu dilakukan pengecekan lebih lanjut dan perbaikan. Pada pengujian kali ini dilakukan dengan menggunakan emulator dan menguji proses-proses yang telah di desain sebelumnya.

Table 5.1. Pengujian *Blackbox* ARLitosfer

No	Pengujian	Deskripsi	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
1.	Menu Awal	Klik tombol masuk	Menampilkan menu utama	Muncul menu utama	berhasil
2.	Menu Awal	Klik tombol keluar	Menampilkan pesan pilihan keluar	Muncul pesan keluar	berhasil
3.	Menu Utama	Klik tombol materi litosfer	Menampilkan materi litosfer	Muncul menu materi litosfer	berhasil
4.	Menu Utama	Klik tombol petunjuk	Menampilkan menu petunjuk	Muncul menu petunjuk	berhasil
5.	Menu Utama	Klik tombol deteksi <i>marker</i>	Menampilkan menu deteksi <i>marker</i>	Muncul menu deteksi <i>marker</i>	berhasil
6.	Menu Utama	Klik tombol objek 3D	Menampilkan menu objek 3D	Muncul menu objek 3D	berhasil
7.	Menu Utama	Klik tombol latihan	Menampilkan menu latihan	Muncul menu latihan	berhasil
8.	Menu materi	Klik tombol	Menampilkan	Muncul menu	berhasil

	litosfer	selanjutnya	menu selanjutnya	selanjutnya	
9.	Menu materi litosfer	Klik tombol kembali	Menampilkan menu kembali	Muncul menu kembali	berhasil
10.	Menu objek 3D	Klik tombol objek 3D	Menampilkan aplikasi 3D ARLitosfer	Muncul aplikasi 3D ARLitosfer	berhasil
11.	Menu objek 3D	Klik tombol sound objek 3D	Menampilkan menu sound objek 3D	Muncul menu sound objek 3D	berhasil
12.	Menu Latihan	Klik tombol latihan	Menampilkan menu latihan litosfer	Muncul menu latihan litosfer	berhasil
13.	Menu Latihan	Klik tombol masuk latihan	Menampilkan menu petunjuk latihan	Muncul menu petunjuk latihan	berhasil
14.	Menu Utama	Klik tombol keluar	Menampilkan pesan pilihan keluar	Muncul pesan keluar	berhasil

Untuk tahapan pengujian awal dalam aplikasi ARLitosfer ini semua menu yang telah disiapkan berjalan dengan baik, masing-masing menu menunjukkan kinerja dari aplikasi ini dengan sempurna.

5.3.2 Pengujian Aplikasi ARLitosfer

Melakukan pengujian terhadap aplikasi yang akan dijalankan mulai dari proses pendeteksian *marker* sampai pada tahap *rendering* objek. Dalam pengujian ini, 20 buah *marker* akan dideteksi terlebih dahulu oleh *webcam*. Pendeteksian *marker* dilakukan dengan cara mengarahkan *marker* tepat didepan *webcam* sehingga seluruh permukaan *marker* dapat terlihat oleh *webcam*. *Marker* yang akan dideteksi harus di *print* terlebih dahulu dengan menggunakan bahan kertas yang tidak memantulkan cahaya. *Marker* sering kali menampilkan model yang bukan modelnya, ini disebabkan oleh pola dari *marker* yang memiliki kemiripan *background* sehingga menimbulkan kesalahan ketika proses pendeteksian.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *webcam external M-Tech 5.0M*. Jarak sangat mempengaruhi dalam pelacakan optik ketika *marker* digerakan menjauhi *webcam*, jarak terjauh memiliki *pixel* yang lebih sedikit sehingga tidak cukup detail untuk dapat mengidentifikasi pola pada *marker*. Semakin besar ukuran *marker* maka semakin jauh jarak pendeteksian *marker*.

5.3.2.1 Pengujian Deteksi *Marker* ARLitosfer

Pada tahapan ini adalah melakukan pengujian seluruh *marker* yang akan digunakan pada aplikasi ARLitosfer, seluruh *marker* berjumlah 10 *marker* objek 3D. Setiap *marker* memiliki bentuk yang berbeda-beda.

Tabel 5.2 Tabel Pengujian Deteksi *Marker* ARLitosfer

No	Data masukan	Tujuan	Pengamatan	Kesimpulan
1	<i>Marker B</i>	Mendeteksi <i>marker</i> bumi	<i>Marker B</i> ditandai dan disimpan	Diterima
2	<i>Marker LI</i>	Mendeteksi <i>marker</i> animasi lapisan bumi	<i>Marker LI</i> ditandai dan disimpan	Diterima
3	<i>Marker O</i>	Mendeteksi <i>marker</i> <i>orogenesis</i>	<i>Marker O</i> ditandai dan disimpan	Diterima
4	<i>Marker E</i> positif	Mendeteksi <i>marker</i> <i>epirogenesa</i> positif	<i>Marker E</i> positif ditandai dan disimpan	Diterima
5	<i>Marker P</i> negatif	Mendeteksi <i>marker</i> <i>epirogenesa</i> negatif	<i>Marker P</i> negatif ditandai dan disimpan	Diterima
6	<i>Marker G</i>	Mendeteksi <i>marker</i> Gempa	<i>Marker G</i> ditandai dan disimpan	Diterima
7	<i>Marker S</i>	Mendeteksi <i>marker</i> <i>seismograf</i>	<i>Marker S</i> ditandai dan disimpan	Diterima
8	<i>Marker V</i>	Mendeteksi <i>marker</i> <i>volcano</i>	<i>Marker V</i> ditandai dan disimpan	Diterima
9	<i>Marker T</i>	Mendeteksi <i>marker</i> <i>tsunami</i>	<i>Marker T</i> ditandai dan disimpan	Diterima
10	<i>Marker AR</i>	Mendeteksi <i>marker</i> animasi AR <i>welcome</i>	<i>Marker AR</i> ditandai dan disimpan	Diterima

Dalam pengujian seluruh *marker* pada kamera, semua *marker* dapat dideteksi oleh kamera dengan baik, setelah *marker* dideteksi oleh kamera yang ditandai dengan adanya garis berwarna merah dan hijau pada pinggir *marker*, maka *marker* siap untuk disimpan sebagai *marker* aplikasi ARLitosfer.

5.3.2.2 Pengujian Objek 3D ARLitosfer

Dalam tahapan pengujian objek 3D ARLitosfer ini akan dinilai kemampuan kamera untuk mendeteksi *marker* dan menampilkannya pada layar desktop PC, dari 10 *marker* yang ada, hasil pengujiannya adalah:

Tabel 5.3 Pengujian *Marker* Objek 3D ARLitosfer

No	Data masukan	Tujuan	Pengamatan	Kesimpulan
1	<i>Marker B</i>	Menampilkan objek bumi	Bumi berputar dengan animasinya	Berhasil
2	<i>Marker LI</i>	Menampilkan objek animasi lapisan bumi	Animasi bumi terbelah dan terlihat lapisanya	Berhasil
3	<i>Marker O</i>	Menampilkan objek <i>orogenesis</i>	Terlihat lapisan bumi bergerak	Berhasil
4	<i>Marker E</i> positif	Menampilkan objek <i>epirogenesis</i> positif	Terlihat air laut seolah-olah naik	Berhasil
5	<i>Marker P</i> negatif	Menampilkan objek <i>epirogenesis</i> negatif	Terlihat air laut seolah-olah turun	Berhasil
6	<i>Marker G</i>	Menampilkan objek Gempa	Animasi pergerakan gempa	Berhasil
7	<i>Marker F</i>	Menampilkan objek <i>seismograf</i>	Terlihat animasi <i>seismograf</i> gempa	Berhasil
8	<i>Marker V</i>	Menampilkan objek <i>volcano</i>	Animasi dari gunung meletus	Berhasil
9	<i>Marker T</i>	Menampilkan objek <i>tsunami</i>	Animasi gelombang <i>tsunami</i>	Berhasil
10	<i>Marker AR</i>	Menampilkan objek animasi AR <i>welcome</i>	Animasi <i>welcome</i> ARLitosfer	Berhasil

Pada pengujian terhadap 10 buah *marker* objek 3D yang dilakukan pada aplikasi ARLitosfer, secara keseluruhan semua *marker* berjalan dengan baik, begitu juga dengan animasi yang terdapat pada objek 3D tersebut.

5.3.2.3 Pengujian Aplikasi ARLitosfer dengan Perangkat Komputer Lain

Dalam melakukan pengujian aplikasi ini dengan beberapa perangkat komputer yang lain diantaranya *Acer, HP, Toshiba, Lenovo, Asus, Axioo, Compaq, Netbook* dan PC yang memiliki tingkat spesifikasi yang berbeda-beda, ini bertujuan untuk melihat sejauh mana kemampuan dari aplikasi ARLitosfer bisa dijalankan.

Pada perangkat *hardware* tambahan seperti kamera *eksternal, sound speaker* seluruh pengujian menggunakan perangkat yang sama.

Ada beberapa penilaian terhadap pengujian aplikasi ARLitosfer ini diantaranya:

1. Objek sangat baik adalah ketika *marker* ditemukan oleh kamera, maka objek 3D langsung muncul dan tanpa ada gangguan sedikitpun, ketika *marker* diputar atau digerakkan objek 3D masih tampil tetap dengan baik mengikuti pergerakan perputaran *marker*.
2. Objek baik adalah ketika *marker* ditemukan oleh kamera maka objek 3D langsung muncul, namun sesekali objek 3D hilang dan muncul kembali dari *marker* ketika digerakkan.
3. Objek patah-patah adalah ketika *marker* ditemukan oleh kamera maka objek 3D masih bisa mampu terlihat dari *marker*, namun lebih sering hilang dan muncul dari *marker* yang terdeteksi oleh kamera, seakan-akan kamera kesulitan untuk mendeteksi *marker*.

Hasil dari pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. *Notebook ACER Aspire 4739*

Tabel 5.4. Pengujian ARLitosfer pada *Notebook Acer Aspire 4739*

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel core i3	
RAM	2 GB	
VGA	Intel 1GB	
HDD	320 GB	
Kamera	2.0 Mega Pixel	
Objek 3D	Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	01.27 detik	10 model file

2. *Notebook HP Pavillion g4 1113tx*

Tabel 5.5. Pengujian ARLitosfer pada *Notebook HP Pavillion g4 1113tx*

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel core i5	
RAM	4 GB	
VGA	ATI Radeon 2 GB	
HDD	500 GB	
Kamera	2.0 Mega Pixel	
Objek 3D	Sangat Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	00.55 detik	10 model file

3. *Notebook* TOSHIBA Satelit L200

Tabel 5.6. Pengujian ARLitosfer pada *Notebook* Toshiba Satelit L200

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel dual core	
RAM	2.5 GB	
VGA	Intel 358 MB	
HDD	100 GB	
Kamera	5.0 Mega Pixel	Kamera eksternal
Objek 3D	Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	04.05 detik	10 model file

4. *Notebook* TOSHIBA Satelit L510

Tabel 5.7. Pengujian ARLitosfer pada *Notebook* Toshiba Satelit L510

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel core 2 duo	
RAM	1 GB	
VGA	Intel 1 GB	
HDD	300 GB	
Kamera	2.0 Mega Pixel	
Objek 3D	Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	02.15 detik	10 model file

5. *Notebook* LENOVO B450

Tabel 5.8. Pengujian ARLitosfer pada *Notebook* Lenovo B450

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel core 2 duo	
RAM	2 GB	
VGA	NVIDIA 1GB	
HDD	250 GB	
Kamera	1.3 Mega Pixel	
Objek 3D	Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	02.16 detik	10 model file

6. *Notebook* ASUS X42JY

Tabel 5.9. Pengujian ARLitosfer pada *Notebook* Asus X42JY

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel core i3	
RAM	4 GB	
VGA	ATI Radeon 1GB	
HDD	500 GB	
Kamera	1.3 Mega Pixel	
Objek 3D	Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	07.37 detik	10 model file

7. *Notebook* COMPAQ Presario V3736

Tabel 5.10. Pengujian ARLitosfer pada *Notebook* Compaq Presario V3736

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel core 2 duo	
RAM	1 GB	
VGA	intel	
HDD	120 GB	
Kamera	2.0 Mega Pixel	
Objek 3D	Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	05.54 detik	10 model file

8. *Notebook* AXIOO Neon T6600

Tabel 5.11. Pengujian ARLitosfer pada *Notebook* Axioo Neon T6600

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel dual core	
RAM	2 GB	
VGA	ATI Radeon	
HDD	250 GB	
Kamera	5.0 Mega Pixel	Kamera eksternal
Objek 3D	Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	05.57 detik	10 model file

9. *Netbook* TOSHIBA NB200

Tabel 5.12. Pengujian ARLitosfer pada *Netbook* Toshiba NB200

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel Atom	
RAM	1 GB	
VGA	Intel 128 MB	
HDD	160 GB	
Kamera	2.0 Mega Pixel	
Objek 3D	Patah-patah	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	22.11 detik	10 model file

10. PC HP

Tabel 5.13. Pengujian ARLitosfer pada PC HP

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Prosesor	Intel Pentium 4	
RAM	512 MB	
VGA	NVIDIA 256 MB	
HDD	80 GB	
Kamera	5.0 Mega Pixel	Kamera eksternal
Objek 3D	Baik	
Sound	Baik	
Waktu Rendering	06.40 detik	10 model file

Dari hasil pengujian terhadap beberapa *notebook* dan PC maka dapat diambil kesimpulan bahwa *notebook*/PC yang memiliki spesifikasi yang lebih

tinggi akan menampilkan objek 3D yang sangat baik pula, begitu juga jika *notebook*/PC yang memiliki spesifikasi rendah maka menghasilkan tampilan objek 3D juga kurang baik. Kemudian waktu yang digunakan oleh aplikasi ARLitosfer ini untuk *rendering* objek semakin cepat jika menggunakan spesifikasi *notebook*/PC yang tinggi.

5.3.2.4 Pengujian Kamera untuk Aplikasi ARLitosfer

Pada pengujian ini dilakukan percobaan pada beberapa jenis kamera yaitu kamera eksternal dan kamera *webcam* yang ada pada *notebook*, kemudian pengujian jarak yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kamera dapat mendeteksi dari *marker* ARLitosfer. Hasil dari percobaan kamera tersebut adalah:

Table 5.14. Pengujian Kamera dan Jarak ARLitosfer

Jenis Kamera	Pixel	Resolusi	Jarak terpendek	Jarak terjauh	Hasil
<i>M – Tech</i>	5.0MP	320x240	15 cm	115 cm	Gambar objek 3D jelas dan bersih
		352x288	18 cm	224 cm	Gambar objek 3D jelas dan bersih
		640x480	24 cm	228 cm	Gambar objek 3D jelas dan bersih
<i>USB Komic Technology</i>	1.3MP	320x240	13 cm	82 cm	Gambar objek 3D kurang jelas
		352x288	17 cm	93 cm	Gambar objek 3D kurang jelas
		640x480	18 cm	91 cm	Gambar objek 3D kurang jelas
<i>Webcam Notebook Acer Aspire 4739</i>	2.0MP	320x240	13 cm	93 cm	Gambar objek 3D jelas tapi kurang bersih
		352x288	15 cm	102 cm	Gambar objek 3D jelas tapi kurang bersih
		640x480	15 cm	104 cm	Gambar objek 3D jelas tapi kurang bersih

Keterangan hasil:

1. Gambar objek 3D jelas dan bersih yaitu ketika *marker* ditemukan oleh kamera, maka objek 3D langsung muncul dan tanpa ada gangguan

sedikitpun, ketika *marker* diputar atau digerakkan objek 3D masih tampil tetap dengan baik mengikuti pergerakan perputaran *marker*, dan tampilan pada *display* bersih dan jelas

2. Gambar objek 3D jelas yaitu ketika *marker* ditemukan oleh kamera maka objek 3D langsung muncul, namun sesekali objek 3D hilang dan muncul kembali dari *marker* ketika digerakkan, namun pada tampilan *display* kurang bersih.
3. Gambar objek 3D kurang jelas yaitu ketika *marker* ditemukan oleh kamera maka objek 3D masih bisa terlihat diatas *marker*, namun lebih sering hilang dan muncul dari *marker* yang terdeteksi oleh kamera, seakan-akan kamera kesulitan untuk mendeteksi *marker*, kemudian tampilan pada *display* kurang bersih dan objek 3D tidak begitu jelas

Dengan melakukan beberapa pengujian terhadap kamera, maka kamera yang memiliki *pixel* yang paling tinggi akan menampilkan objek yang lebih baik, begitu juga sebaliknya jika memiliki kamera denga *pixel* yang rendah, maka hasil yang ditampilkan pada *display* juga akan kurang baik.

5.3.2.5 Pengujian Ukuran *Marker* pada Aplikasi ARLitosfer

Pada pengujian ukuran *marker* ini adalah tahap *marker* dibuat dalam ukuran yang berbeda-beda, akan diketahui berapa perbedaan jarak yang dapat tangkat oleh *webcam* untuk mendeteksi *marker*, setelah dilakukan pengujian maka hasil yang dijumpai adalah sebagai berikut:

Table 5.15. Pengujian Ukuran *Marker* pada ARLitosfer

No	Ukuran <i>Marker</i>	Jarak kamera - <i>marker</i>	
		Terpendek	Terjauh
1	5 cm	14 cm	83 cm
2	6 cm	15 cm	88 cm
3	9 cm	21 cm	146 cm
4	11 cm	23 cm	149 cm
5	13 cm	30 cm	192 cm

6	15 cm	32 cm	194 cm
7	17 cm	37 cm	253 cm
8	18 cm	42 cm	258 cm
9	19 cm	46 cm	315 cm
10	20 cm	50 cm	328 cm

Pada pengujian ukuran *marker* dengan tingkat yang berbeda-beda, maka dapat dilihat hasil yang juga berbeda-beda dari jarak yang dicapai oleh kamera untuk mendeteksi sebuah *marker*. Semakin besar ukuran *marker* maka jarak kamera untuk mendeteksi *marker* juga bisa lebih jauh dan semakin kecil ukuran *marker* maka semakin dekat jarak yang bisa ditempuh oleh kamera untuk mendeteksi *marker*.

5.3.2.6 Pengujian Tingkat Intensitas cahaya pada Aplikasi ARLitosfer

Dalam pengujian tingkat intensitas cahaya pada aplikasi ARLitosfer ini bertujuan untuk mengetahui seberapa terang atau gelap cahaya suatu ruangan yang bisa diterima oleh kamera aplikasi ARLitosfer ini, dengan menemukan hasil yang jelas maka diketahui bahwa aplikasi ARLitosfer tersebut dapat digunakan pada nilai yang sudah diteliti, untuk melakukan pengujian intensitas cahaya ini membutuhkan alat tambahan lain yaitu *LUX Meter* dengan satuan *Candela (Cd)*, suatu alat yang berguna untuk mendeteksi tingkat intensitas cahaya suatu ruangan, hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

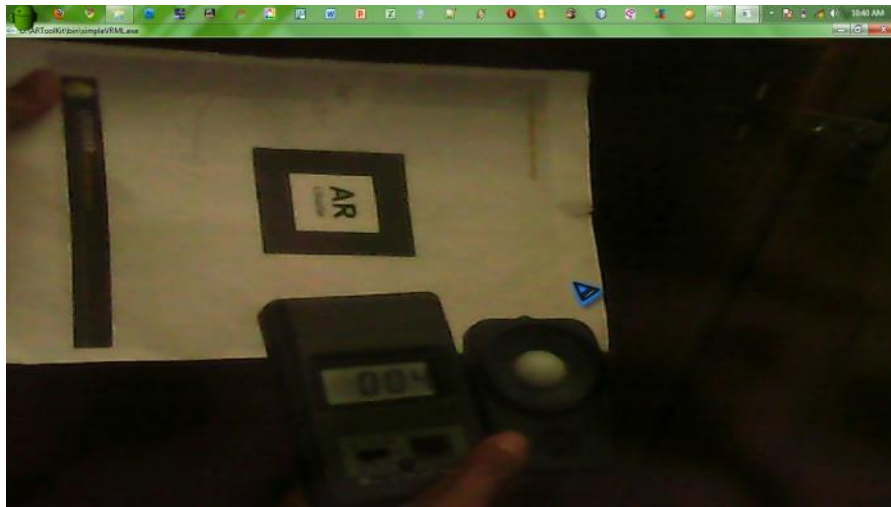
Tabel 5.16. Pengujian tingkat intensitas cahaya terhadap aplikasi ARLitosfer

No	Intensitas cahaya	Hasil analisa
1	002 Cd	Objek 3D tidak muncul
2	004 Cd	Objek 3D tidak muncul
3	005 Cd	Objek 3D muncul
4	012 Cd	Objek 3D muncul
5	059 Cd	Objek 3D muncul
6	133 Cd	Objek 3D muncul

7	144 Cd	Objek 3D muncul
8	149 Cd	Objek 3D muncul
9	153 Cd	Objek 3D muncul
10	2270 Cd	Objek 3D muncul
11	2540 Cd	Objek 3D muncul
12	2870 Cd	Objek 3D muncul
13	3350 Cd	Objek 3D muncul
14	3510 Cd	Objek 3D muncul
15	3580 Cd	Objek 3D tidak muncul
16	3670 Cd	Objek 3D tidak muncul
17	3810 Cd	Objek 3D tidak muncul
18	3891 Cd	Objek 3D tidak muncul

Dari pengujian yang dilakukan terhadap beberapa kondisi intensitas cahaya dalam ruangan dan luar ruangan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa aplikasi ARLitosfer ini memiliki keterbatasan terhadap cahaya suatu ruangan, dari hasil pengujian yang terlihat pada tabel diatas, nilai intensitas cahaya suatu ruangan yang memiliki intensitas yang rendah (gelap) maka kamera tidak dapat mendeteksi *marker* yang ada, begitu juga jika nilai intensitas cahaya suatu ruangan yang memiliki intensitas yang terlalu tinggi (terang) maka kamera juga tidak dapat mendeteksi *marker* ARLitosfer, dengan demikian nilai intensitas antara 005 Cd – 3500 Cd kamera dapat mendeteksi *marker* dan menampilkan objek 3D pada *display*, namun nilai dibawah 005 Cd dan diatas 3500 Cd kamera tidak dapat mendeteksi *marker* dan tidak dapat menampilkan objek 3D pada *display*.

Berikut ini adalah gambar hasil analisa dari penggunaan *Lux Meter* pada aplikasi ARLitosfer, yaitu:



Gambar 5.5 kondisi ruangan pada intensitas cahaya 004 Cd

Dari Gambar 5.5 terlihat pada *Lux meter* memiliki nilai intensitas cahaya ruangan 004 Cd dan terlihat pada *marker* tidak ada muncul objek 3D ARLitosfer.

Dari Gambar 5.6 dibawah ini terlihat pada *Lux meter* memiliki nilai intensitas cahaya ruangan 149 Cd dan terlihat pada *marker* ada muncul sebuah objek 3D ARLitosfer. Berarti cahaya ruangan tersebut dapat mendeteksi *marker* aplikasi ARLitosfer.



Gambar 5.6 kondisi ruangan pada intensitas cahaya 149 Cd



Gambar 5.7 kondisi ruangan pada intensitas cahaya 153 Cd

5.3.3 Pengujian Menggunakan *User Acceptance Test*

User acceptance test merupakan tahap pengujian sistem dengan menyediakan kuisioner yang diisi oleh guru mata pelajaran geografi pada sekolah SMAN 12 Pekanbaru dan siswa kelas X. Pada pengujian terhadap pengguna (*user acceptance test*), disebarkan kuisioner kepada 12 orang pengguna aplikasi tersebut sebagai berikut:

- a) 2 responden dari guru mata pelajaran geografi
- b) 10 responden dari siswa

Table 5.17. Nama-nama responden dari guru

No.	Nama
1.	Sudirman, S.Pd
2.	Hayatun Nufus, S.Pd

Table 5.18. Nama-nama responden dari siswa

No.	Nama
1.	Fikri Hernanda
2.	Raynold Felpea
3.	Linda Ulandari
4.	Rien
5.	Lelisa Fulandari
6.	Utari Indri Yani
7.	Chandra Wijaya Palera
8.	Guntur Dwi L.P
9.	Zilfira Annisa
10	Yoki

Penilaian untuk setiap pertanyaan pada kuesioner digolongkan menjadi empat kategori yaitu kurang baik, cukup baik, baik dan sangat baik. Jika digolongkan ke dalam bentuk presentase maka 0-25% diinterpretasikan dalam kategori tidak setuju, 26-50% diinterpretasikan dalam kategori kurang setuju, 51-75% diinterpretasikan dalam kategori setuju, dan 76-100% diinterpretasikan dalam kategori sangat setuju.

5.3.3.1 Pengujian Terhadap Guru

Tabel.5.19. Tabel hasil aspek multimedia dan penggunaan aplikasi oleh guru

No	Pertanyaan	Tidak setuju	Kurang setuju	Setuju	Sangat setuju
1	Tampilan aplikasi menarik	0	0	1	1
2	Tulisan dan teks aplikasi sudah jelas	0	0	1	1

3	Animasi pada aplikasi memudahkan dalam pemahaman materi	0	0	2	0
4	Gambar dan suara yang ditampilkan terlihat dan terdengar dengan jelas	0	0	1	1
5	Aplikasi ARLitosfer mudah digunakan	0	0	1	1
6	Secara umum materi pelajaran dan objek 3D pada aplikasi sudah sesuai dengan kebutuhan pelajaran Litosfer	0	0	2	0
7	Aplikasi ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif media pembelajaran Litosfer yang menarik dan interaktif dibanding konvensional	0	0	1	1
8	Aplikasi ini sudah mendukung dalam bab materi pelajaran Litosfer	0	0	1	1
9	Aplikasi ini masih ada kesalahan yang perlu diperbaiki	0	1	1	0
Total		0	1	11	6

Secara keseluruhan penilaian kualitas dari aspek multimedia dan penggunaan aplikasi ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P_k = (f/N) * I_{kb}$$

Dimana:

P_k = Persentase untuk k kondisi dalam tidak setuju, kurang setuju, setuju dan sangat setuju

f = Total respon dalam k kondisi

N = Jumlah total pertanyaan dikalikan total responden (dalam aspek ini adalah 9 x 2 = 18)

I_{kb} = Interpretasi k kondisi terbesar (dalam hal ini tidak setuju 25%, kurang setuju 50%, setuju 75% dan sangat setuju 100%)

Maka secara keseluruhan penilaian kualitas dari aspek multimedia ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus, sehingga untuk masing-masing kondisi diperoleh presentase sebagai berikut:

1. $P_{\text{tidak setuju}} = (0 / 18) * 25\% = 0.00\%$
2. $P_{\text{kurang setuju}} = (1 / 18) * 50\% = 2.7\%$
3. $P_{\text{setuju}} = (11 / 18) * 75\% = 45.84\%$
4. $P_{\text{sangat setuju}} = (6 / 18) * 100\% = 33.33\%$

Maka total presentase didapat dengan menjumlahkan $P_{\text{tidak setuju}} + P_{\text{kurang setuju}} + P_{\text{setuju}} + P_{\text{sangat setuju}}$, sehingga didapat nilai aspek multimedia dan penggunaan aplikasi ARLitosfer ini oleh guru sebesar 81.87% atau diinterpretasikan sangat setuju.

5.3.3.2 Pengujian Terhadap Siswa

Tabel.5.20. Tabel hasil aspek multimedia dan penggunaan aplikasi oleh siswa

No	Pertanyaan	Tidak setuju	Kurang setuju	Setuju	Sangat setuju
1	Tampilan aplikasi menarik	0	0	7	3
2	Materi pelajaran dan Objek 3D pada aplikasi sudah jelas	0	1	9	0
3	Siswa mudah menggunakan aplikasi ARLitosfer	0	1	8	1
4	Siswa dapat memahami pelajaran Litosfer dengan aplikasi ARLitosfer	0	2	6	2
Total		0	4	30	6

Secara keseluruhan penilaian kualitas dari aspek multimedia dan penggunaan aplikasi ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P_k = (f/N) * I_{kb}$$

Dimana:

P_k = Persentase untuk k kondisi dalam hal tidak setuju, kurang setuju, setuju dan sangat setuju

f = Total respon dalam k kondisi

N = Jumlah total pertanyaan dikalikan total responden (dalam aspek ini adalah 4 x 10 = 40)

I_{kb} = Interpretasi k kondisi terbesar (dalam hal ini tidak setuju 25%, kurang setuju 50%, setuju 75% dan sangat setuju 100%)

Maka secara keseluruhan penilaian kualitas dari aspek multimedia ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus, sehingga untuk masing-masing kondisi diperoleh presentase sebagai berikut:

$$1. P_{\text{tidak setuju}} = (0 / 40) * 25\% = 0.00\%$$

$$2. P_{\text{kurang setuju}} = (4 / 40) * 50\% = 5\%$$

$$3. P_{\text{setuju}} = (30 / 40) * 75\% = 56.25\%$$

$$4. P_{\text{sangat setuju}} = (6 / 40) * 100\% = 15\%$$

Maka total presentase didapat dengan menjumlahkan $P_{\text{tidak setuju}} + P_{\text{kurang setuju}} + P_{\text{setuju}} + P_{\text{sangat setuju}}$, sehingga didapat nilai aspek multimedia dan penggunaan aplikasi ARLitosfer ini pada siswa sebesar 76.25% atau diinterpretasikan sangat setuju.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Setelah mempelajari, menganalisa, merancang dan mengimplementasikan serta menguji perangkat lunak interaktif untuk media pembelajaran Litosfer berbasis teknologi *augmented reality* ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. ARLitosfer merupakan sebuah aplikasi multimedia pembelajaran Litosfer yang dirancang berbasis teknologi *Augmented Reality*. Dengan tambahan sebuah Buku ARLitosfer, pengguna dapat melihat objek 3D pada layar *desktop* ketika kamera mendeteksi *marker* yang ada pada setiap halaman-halaman Buku ARLitosfer.
2. ARLitosfer telah diperkenalkan kepada sejumlah responden untuk mengetahui ketepatan pada materi Litosfer dan kemudahan dalam penggunaan aplikasi ARLitosfer ini, hasilnya 81.87% presentase yang diinterpretasikan dalam kategori sangat setuju diberikan oleh guru bidang studi geografi dan 76.25% presentase yang diinterpretasikan dalam kategori sangat setuju diberikan oleh siswa.
3. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan aplikasi berbasis *Augmented Reality* adalah faktor pencahayaan. Faktor ini mempengaruhi kestabilan pendeteksian kamera terhadap *marker*, jika tingkat intensitas cahaya terlalu besar atau terlalu kecil maka pendeteksian *marker* akan gagal atau objek 3D yang ditampilkan tidak stabil. Rentang nilai intensitas cahaya yang bisa digunakan adalah antara 005 – 3510 *candela*.
4. Kebutuhan pada penggunaan spesifikasi komputer juga mempengaruhi pada aplikasi ARLitosfer ini, karena semakin tinggi spesifikasi komputer yang digunakan, maka semakin bagus tampilan objek 3D pada pengguna

dan ketepatan pada *rendering* pada setiap objek. Minimum spesifikasi yang dapat digunakan adalah computer dengan prosesor Intel Pentium 4 dengan RAM 512 MB.

6.2 Saran

Beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk pengembangan aplikasi lebih lanjut dimasa yang akan datang yaitu:

1. Aplikasi ini masih memiliki kelemahan yaitu memiliki waktu yang lama untuk melakukan *load* objek 3D (*rendering*) dalam aplikasi ARLitosfer ini, disarankan untuk mencoba hal yang baru dengan menggunakan *library augmented reality* yang lain seperti NYARToolkit, AndAR, In2AR, Metaio, D'Fusion, OpenSpace 3D dan Unity, kemudian lakukan perbandingan terhadap aplikasi ini.
2. Pengujian dalam penggunaan perangkat keras, disarankan mencoba menggunakan HMD (*Head-Mounted-Display*), sehingga objek 3D yang dilihat oleh pengguna lebih bagus dan menarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Usman. *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*, Graha Ilmu, Yogyakarta. 2005
- Anjayani, Eni. *Geografi: Untuk Kelas X SMA/MA*. CV.Cempaka Putih. Jakarta. 2009
- Aziz, Abdul. *Pembelajaran berbantuan komputer (pbk) pada MIN Pahandut dan MIN Langkai kota Palangkaraya*. Jurnal studi agama dan masyarakat. 6(1): hal.88. 2009
- Azuma, R.T. *A survey of augmented reality, Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355-385. 1997
- Bahtiar, Mas Ali. *Sistem Augmented Reality Untuk Animasi Games Menggunakan Camera Pada PC*. Skripsi. Surabaya, Indonesia: Institut Teknologi Surabaya. 2011
- Billinghurst, M. et. al. *The MagicBook: A Transitional AR Interface*, Human Interface Technology Laboratory University of Washington. 2002
- Billinghurst, M., Kim, G. *Interaction Design for Tangible Augmented Reality Applications, Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design*, Idea Group Inc, hal 261- 279. 2007
- Bowman, D., et al. *An introduction to 3D user interface design, Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(1), hal 96-108. 2001
- Hartono. *Geografi: Jelajahi Bumi dan Alam*. CV.Citra Praya. Jakarta. 2009
- Hendratman, Hendi. *The Magic Of 3D Studio Max*. Informatika. Bandung. 2011
- Iskandar, L. *Geografi I*. PT.Remaja Rosdakarya. Jakarta. 2009
- Kim, Ji-Sun, et. al. *A Tangible User Interface System for CAVE Application*. Virginia Polytechnic Institute & State University USA. 2002

- Mubarikah, Husnul Rizka. *Perancangan dan Implementasi Interaksi Untuk Media Pembelajaran Manasik Berbasis Teknologi Augmented Reality*. Thesis. Bandung, Indonesia: Institut Teknologi Bandung. 2010
- Persa. Stelian-Florin. *Sensor Fusion in HeadPose Tracking*. Wohrmann Print Service. 2006
- Pressman RS. *Software Engineering: a Practitioner's Approach-6th ed*. New York: McGraw-Hill. 2005
- Rahayu, dkk. *Nuansa Geografi*. PT.Widya Duta Graha. Jakarta. 2009
- Rahmat, Berki. *Analisa dan Perancangan sistem Pengenalan Bangun Ruang Menggunakan Augmented Reality*. Skripsi. Medan, Indonesia: Universitas Sumatera Utara. 2011
- Sugiyono. *Statistika untuk Penelitian*, Alfabeta. Bandung. 2009
- Sutopo, Ariesto Hadi. *Multimedia Interaktif dengan Flash*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 2004
- Suyanto, M. *Multimedia Alat Untuk Meningkatkan Keunggulan Bersaing*. Andi, Yogyakarta. 2005
- O. Bimber and R. Raskar. *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. A K Peters. 2005
- www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/userarwork.htm, diakses 20 Februari 2012, 13:53 WIB.